La distancia que separa a Voltaire de sí mismo, esa permanente reconstrucción pública de su historia y de su persona, ese lado de intangibilidad que no nos permite siquiera determinar a ciencia cierta la fecha de su nacimiento o las circunstancias de su muerte, tampoco nos servirá por sí misma para establecer nuestra competencia en asuntos de mecánica o comprobar nuestra maestría en las cuestiones más intrincadas de la óptica.
Lo que hayan podido contribuir los ***Elementos*** *a eliminar ese espacio comprendido entre el filósofo y el poeta Voltaire quizá sirva de poco a la hora de comprender su prosa.*
Con todo, al menos será posible comenzar a entender que las razones que hacen de este libro un clásico del pensamiento no dependen tan sólo de la circunstancia notable de constituir un libro sobre Newton, ni siquiera de que sea un libro de Voltaire, sino además que también es un libro que a su modo nos cuenta parte de la historia del autor del ***Candide*** *cuando todavía no lo era y cuando todavía era muy poco «nuestro Voltaire».*

Voltaire Elementos de la Filosofía de Newton

Voltaire

Elementos de la Filosofía de Newton

Editorial **Universidad del Valle**

François-Marie Arouet
(1694-1778)

Nació Arouet en el seno de una familia de clase media; su padre putativo, notario que trabajó en la Cour des Comptes, era un jansenista radical y autoritario que, sin embargo, lo enviaría a estudiar al famoso colegio de los jesuitas Louis-le-Grand en París, con la esperanza de que trabase relaciones con los vástagos y herederos de la élite nobiliaria francesa. De su paso por el internado quedan algunos testimonios sobre el talante autoritario que se respiraba en las aulas, la memoria de algunas prácticas sodomitas o el recuerdo de ágiles discusiones sobre puntos de teología y filosofía moral. Poco pudo aprender el joven Arouet de ciencia y filosofía modernas, pues el destino de las enseñanzas era ante todo la retórica, la poética y el estudio de los clásicos latinos.

El 12 de junio de 1718 firma, por primera vez, Arouet de Voltaire, cinco meses más tarde sólo rubricará con Voltaire.

Voltaire

Elementos de la Filosofía de Newton

Editorial **Universidad del Valle**

Voltaire

Elementos de la Filosofía de Newton

Universidad del Valle

Programa Editorial Facultad de Humanidades

TÍTULO: ***Elementos de la filosofía de Newton***

INTRODUCCIÓN, TRADUCCIÓN Y NOTAS
Antonio Lafuente - Luis Carlos Arboleda

DIRECTOR DE ARTE
Hugo García Paredes

ISBN: 958-670-071-2

© Editorial Universidad del Valle
© Programa Editorial Facultad de Humanidades

Derechos Reservados.
Impreso y hecho en los talleres de la Editorial de la Facultad de Humanidades de la Universidad del Valle.
Este libro o parte de él no puede ser reproducido por ningún medio, sin autorización de los editores.
Ciudad Universitaria Meléndez.
Teléfono 333 4923. Fax 333 4909. A. A. 25360

Santiago de Cali
Abril de 1996

INDICE

Prólogo IX
Voltaire y la difusión del newtonianismo XXI
Nota sobre la presente edición LXXV
Referencias cronológicas LXXVII
Elementos de la filosofía de newton 1
Epístola a la marquesa de Chatelet 3

PRIMERA PARTE

CAPITULO I
De Dios 9

CAPITULO II
Del espacio y de la duración como propiedades de Dios 15

CAPITULO III
De la libertad en Dios, y del gran principio de la razón suficiente 19

CAPITULO IV
De la libertad en el hombre 21

CAPITULO V
Dudas sobre la libertad que se llama de indiferencia 27

CAPITULO VI
De la religión natural 31

CAPITULO VII
Del alma, y de la manera como está unida al cuerpo, y como se forman sus ideas 35

CAPITULO VIII
De los primeros principios de la materia 41

CAPITULO IX
De la naturaleza de los elementos de la materia, o de las monadas 47

CAPITULO X
De la fuerza activa, que todo lo pone en movimiento en el universo 51

NOTAS A LA PRIMERA PARTE 55

SEGUNDA PARTE

CAPITULO I
Primeras investigaciones sobre la luz, y cómo llega a nosotros 63

CAPITULO II
Sistema de Malebranche, tan erróneo como el de Descartes 71

CAPITULO III
La propiedad de la reflexión de la luz no era verdaderamente conocida 77

CAPITULO IV
Los espejos, los telescopios 83

CAPITULO V
Cómo conocemos las distancias, los tamaños, las figuras, las situaciones 91

CAPITULO VI 97

CAPITULO VII
De la causa que desvía los rayos de luz al pasar de una sustancia a otra 101

CAPITULO VIII
Más sobre las maravillas de la refracción de la luz 109

CAPITULO IX
Del arco iris; que tal meteoro es consecuencia necesaria de las leyes de la refrangibilidad 115

CAPITULO X
Nuevos descubrimientos sobre la causa de los colores 123

CAPITULO XI
Consecuencia de estos descubrimientos 127

CARTA DEL AUTOR 129

NOTAS A LA SEGUNDA PARTE 131

TERCERA PARTE

CAPITULO I
Primeras ideas relativas a la gravedad y a las leyes de la atracción 143

CAPITULO II
Que los torbellinos de Descartes y el pleno son imposibles 147

CAPITULO II
Gravitación demostrada por el descubrimiento de Newton 151

CAPITULO IV
Que la gravitación y la atracción dirigen el curso de todos los planetas 157

CAPITULO V
Demostración de la leyes de la gravedad a partir de las reglas de Kepler 163

CAPITULO VI
Nuevas pruebas de la atracción: que las desigualdades del movimiento de la órbita de la luna son necesariamente efectos de la atracción 167

CAPITULO VII
Nuevas pruebas y nuevos efectos de la gravedad: que este poder está en cada parte de la materia: descubrimientos que dependen de este principio 171

CAPITULO VIII
Teoría de nuestro mundo planetario 175

CAPITULO IX
La figura de la tierra 181

CAPITULO X
Del período de veinticinco mil novecientos años, causado por la atracción 187

CAPITULO XI
Del flujo y del reflujo; que este fenómeno es una consecuencia necesaria de la gravitación 195

CAPITULO XII
Conclusión 201

NOTAS A LA TERCERA PARTE 203

DEFENSA DEL NEWTONISMO 223

CORTA RESPUESTA A LOS LARGOS DISCURSOS DE UN DOCTOR ALEMÁN 237

PROLOGO

Fue ahora hace algo más de siete años que Antonio Lafuente y Luis Carlos Arboleda acabaron esta edición de los *Eléments de la philosophie de Newton*, un libro del que todo el mundo reconocería en estos momentos su lugar de excepción en la historia del pensamiento, pero del que también se podría decir que al estar situado en la frontera de distintas disciplinas ha sido tratado con igual y escasa fortuna tanto por la historia intelectual del pensamiento como, en menor medida, también por la historia de la ciencia. Los motivos que han detenido la publicación de la presente edición española desde que se colocó el último punto en mayo de 1988 y las razones por las que se ha producido un desentendimiento mucho más generalizado en lo que concierne a esta obra de Voltaire no coinciden en todos los casos, pero sí manifiestan una paridad suficiente como para que el problema en su conjunto pueda ser contemplado más desde una perspectiva global que desde el estrecho punto de vista de otras peculiaridades económicas o presupuestarias.

Si nos referimos, antes que nada, al peso específico que los nombres de las dos personas involucradas en esta obra han adquirido como referencias intelectuales de nuestro pasado inmediato, encontraremos que el uno, Voltaire, es universalmente reconocido como uno de los representantes más conspicuos de los valores ilustrados, de su proceso de secularización y de su defensa de las libertades; mientras que el otro, Newton, se une irremediablemente a la última etapa de la llamada Revolución Científica y a la formulación del primer gran sistema del mundo construido en función de criterios experimentales o de procedimientos heurísticos que hoy tomaríamos sin duda por «modernos». A partir de semejante obviedad, uno esperaría un interés sincero y duplicado hacia una obra en la que los nombres de ambas luminarias del pensamiento y de la ciencia se mezclan

como autor y como asunto. Pero las cosas, sin embargo, han sucedido de otro modo. Tanto así que mientras que en el campo de la historia de la ciencia tan sólo encontramos un interés más o menos creciente hacia este libro «sobre Newton», sorprende que en el dominio específico de los estudios voltairianos haya pasado prácticamente desapercibido este libro de Voltaire. Bastará señalar, por ejemplo, que en los 250 volúmenes de los *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century publicados entre 1955 y 1987, no hay un sólo artículo dedicado exclusivamente a los Eléments* y tan sólo cuatro relativos a la relación entre Voltaire y Newton.[1] Mientras tanto, después de una espera de más de 25 años, la edición crítica de este libro que debía aparecer en la colección de las obras completas editada por la Oxford Foundation ha visto la luz tan sólo en 1992.[2] Como fácilmente reconocerá el lector avisado, la dificultad ha consistido siempre en saber si era éste un libro «de Voltaire» o si era un libro «sobre Newton». No porque no pudiera ser ambas cosas al mismo tiempo, sino porque para ser una obra de Voltaire era demasiado «sobre Newton» y para ser sobre Newton era demasiado «de Voltaire».

Por supuesto que la edición de Lafuente y Arboleda también esperaba conmemorar en 1988 los doscientos cincuenta años de la primera publicación de los *Elementos* en 1738. Pero tampoco podría tratarse exclusivamente de defender la viabilidad editorial de una obra en función exclusiva de una circunstancia tan poco razonada. Más bien al contrario, los motivos que señalaron los *Elementos* como una obra clave para la historia de la ciencia, cuando todavía la historia intelectual del pensamiento y sobre todo los estudios voltairianos habían hecho poco más que referir su existencia, tuvieron una naturaleza mucho más substantiva que un aniversario del que todo el mundo podría haber comprendido la necesidad, aunque no necesariamente la importancia. Quizá más que ninguna otra cosa, habría que señalar el convencimiento entonces generalizado entre los historiadores de la ciencia de que no había ciencia sin públicos, de que la producción científica no era una empresa alejada de los condicionamientos sociales que la producen o la distribuyen y de que la disciplina, por tanto, al estar sometida a las mismas restricciones conceptuales que cualquier otro estudio de lo social, debía incluir entre sus categorías básicas nociones como sexo y género, comunidad e identidad, clase y estatus, corrupción y patronaje, poder y mito, centro y periferia, hegemonía y resistencia o, sobre todo y por lo que concierne a este caso: comunicación

y recepción.[3] La dificultad consistía en hacer entender cómo parte de nuestro sistema de representaciones sobre la ciencia estaba construido a partir de elementos retóricos ajenos a lo que en un principio denominamos ciencia básica, cuya correcta integración histórica sólo podía obtenerse además si se abandonaba una estricta línea divisoria que separara «la persuasión» de «la prueba».

Al menos desde este punto de vista, cabía entender los *Elementos* de Voltaire como una parte más entre otras de un conjunto de evidencias historiográficas encaminadas a desmantelar una concepción positivista de la ciencia y un entendimiento unívoco de su historia. La publicación del texto debía defenderse desde el momento mismo en el que se entendiera la necesidad de discutir una concepción universalizante de la producción científica. Más aun, puesto que la equiparación entre ciencia y racionalidad provenía, entre otros, también de la pluma de Voltaire, los *Elementos* podían presentarse como ejemplo paradigmático de una forma de popularización que, a pesar de concentrar sus esfuerzos en problemas de mecánica o de óptica, no dependía exclusivamente de aquellas ramas del conocimiento científico. La confianza voltairiana en una forma renovada de pensamiento secular superaba en este caso las enseñanzas de la nueva física, puesto que la manera de razonar apareció en todo momento como ingrediente básico de la propia doctrina. Al contrario también de lo que sucedió con otros libros de popularización científica escritos durante la Ilustración, como *Las Conversaciones sobre la pluralidad de los Mundos* de Fontenelle por ejemplo, los *Elementos* de Voltaire no tuvieron como objetivo prioritario el envolver la ciencia en el buen gusto, sino el fomentar el gusto por la ciencia. Y si la filosofía cartesiana había seducido a marquesas tan incautas como imaginarias, la realidad de la marquesa que abría la dedicatoria de los *Elementos* se presentaba en este caso como prueba indiscutible de la realidad de la doctrina.[4] La lógica de Voltaire, si alguna, fue la de la persuasión: la de la persuasión del gusto en el *Temple du goût* (1733); la de la persuasión del pensamiento en sus *Lettres philosophiques* (1734) y la de la persuasión de la ciencia en sus *Eléments de la philosophie de Newton* (1738).

Al enfatizar una lectura de los *Eléments* a través de los ojos de aquellos para los que el libro fue escrito antes que para nadie, este pequeño «catecismo de la fe newtoniana», proporcionaba también un testimonio fascinante de cómo la filosofía natural y, en última instancia, la ciencia

-lo que quiere decir: la concepción voltairiana de la ciencia con todas sus ramificaciones políticas y religiosas, con su deismo inveterado y su firme creencia en un edificio ordenado del conocimiento- fue capaz de modificar, o de crear en última instancia, corrientes de opinión pública. Pues si el libro podía leerse al mismo tiempo como una introducción a los *Principia* o a la *Optica*, como el texto más importante de todos los que promulgaron la campaña newtoniana en Francia o como un exponente de la fe ilustrada en la razón que se dice en el lenguaje de la ciencia, la publicación de un texto de popularización de una teoría científica que ya no necesita en absoluto ser popularizada venía también a sugerir que nuestra herencia intelectual con la Ilustración parecía consistir menos en el contenido de las distintas doctrinas que en las redes sociales o institucionales en las que aquellas se manifestaron o en los mecanismos por los que alguna vez pudieron hacerse públicas. La correspondencia explícita entre el contenido de la ciencia y la esfera de la opinión permitía entender además de qué modo este libro de los *Elementos*, en el que Voltaire había hecho de la ciencia un instrumento de lucha contra la intolerancia, podía presentarse ahora como argumento historiográfico sobre la intolerancia secular de la ciencia, y cómo es que allí donde Voltaire enfrentaba la ciencia contra el fanatismo, su mismo libro podía utilizarse ahora para discutir el fanatismo de una ciencia concebida sin historia. Después de todo, una vez que aprendimos del abate Bossuet que tan sólo se podía escribir la historia de las falsas doctrinas, el destino de la historia de la ciencia, *incluyendo* en esta categoría las propias consideraciones de Voltaire en sus *Elementos*, parece haber conducido, irremediablemente, a combatir a Voltaire por medio de Voltaire.

Habría también que añadir, sin embargo, que de la misma manera en la que Voltaire entendió que el sistema del mundo newtoniano no podía existir sin el respaldo de una comunidad, tampoco la idea de que no hay ciencia sin público pudo existir jamás sin una audiencia. Al menos en lo que concierne a los destinos de esta edición española, habría que hacer notar, en primer lugar, que desde la perspectiva de un lector que no viera en los *Elementos* más que un mero compendio de ciencia newtoniana, a duras penas se podría justificar la necesidad, o ni siquiera el placer, de ser introducido en semejante doctrina. Al menos en lo que respecta a la evolución del pensamiento científico, parece cuando menos necesario concluir no sólo que el newtonianismo ya no es un movimiento sectario,

sino que en los cursos de mecánica tampoco se define la materia en términos de extensión impenetrable. En lo que concierne además al tipo de literatura con la que normalmente se asocia al autor del *Candide*, de nuevo es inevitable observar que en este libro no se encontrarán monjes de Calabria pregonando contra el delito nefando, ni mujeres pariendo monstruos, ni jesuitas apaleados, ni curas quemados, ni otras muchas de todas esas sutilezas voltairianas: los *Elementos de la filosofía de Newton* no son las *Cartas Filósoficas*, ni el *Siglo de Louis XIV*, ni el *Sermón de los Cincuenta*. Pero tampoco los lectores del SIGLO XX gustamos de las mismas obras que tanto apreciaron los contemporáneos del autor del *Oedipe*. Más bien al contrario, muy pocos son los que alguna vez han llegado a pasar sus ojos por *L'Henriade*, o por *Zaïre* o por *Le Temple du goût*. De muchas de las obras que hicieron a Voltaire «el poeta de Francia» en la década de 1730 ni siquiera disponemos de edición castellana, mientras que los libelos, los tratados, las cartas, los cuentos y las sátiras se nos presentan con demasiada frecuencia en la soledad de un tratado o de un conjunto de opúsculos, como si hubieran sido firmados por la misma pluma -lo que no es verdad-, en el mismo momento -lo que tampoco es verdad- y, sobre todo, como si hubieran ido dirigidos siempre a los mismos lectores y publicados por las mismas convicciones. Por lo que concierne, por tanto, a la fortuna editorial de los *Elementos*, el olvido parece ser, después de todo, el triste destino de una obra que, habiendo contribuido sobremanera a fijar los términos del pensamiento contemporáneo, parece haberse hecho a sí misma redundante. Su éxito se confunde con su propia gratuidad, mientras que su alcance se puede medir en la poca disposición que tenemos para reconvertirnos en lo que ya somos o para que se nos convenza de lo que nunca hemos cuestionado seriamente.

También en la Introducción a su edición crítica de 1992, Barber y Walter reconocieron que, en tanto que mero libro de popularización, los *Elementos* estaban destinados a disfrutar de una vida más que breve: «*Las popularizaciones [escribieron] son normalmente las más efímeras de todas las obras, pues una vez que han servido su propósito se olvidan, mientras que las obras maestras a las que sirvieron de vehículo continúan siendo admiradas*».[5] Pero si en este caso la firma de Voltaire ha posibilitado la publicación de lo que en otros contextos no aparecería más que como una obra de ocasión, dependiente de una coyuntura específica y ligada irremediablemente a los destinos de aquello que predica, sorprende, sin

embargo, que allí donde la historia de la ciencia ha encontrado razones más que sobradas para defender la publicación de una obra de este tipo, quizá también bajo el pretexto de que se trata en última instancia de una obra «de Voltaire», la historia intelectual del pensamiento haya sido en apariencia incapaz de entender qué es lo que esta obra nos cuenta sobre su autor más que sobre su asunto. No es sólo que se haya renunciado a explicar de antemano cuánto de Voltaire hay en nosotros, sino que también, al contrario, se ha evitado sistemáticamente preguntar cuánto de nosotros ha habido siempre en Voltaire.

Es imprescindible recordar, sin embargo, que la biografía de Voltaire no sólo se ha escrito desde puntos de vista tan variados como variados han sido los públicos dispuestos a vilipendiarlo o a ensalzarlo, sino que la historia de su historia, ligada inextricablemente a los avatares políticos de los últimos doscientos años, nos ha mostrado que la esfera de la opinión no es sólo el lugar en el que se cotejan las ideas, sino el espacio político en el que el ejercicio de la historia sanciona o condena las conductas. La historia del mundo, ya se sabe, parece ser también su tribunal de justicia.[6] Y de esta guisa, la cuestión no debería consistir tanto en si nos representamos a Voltaire en el Panteón antes que en la Cloaca o si hacemos de él un santo o un hereje. Ni siquiera, por cierto, si tomamos los *Elementos* como un libro «de Voltaire» o «sobre Newton». Al reflexionar sobre los mecanismos que hacen posible la relación entre historia intelectual e historia social o, si se prefiere, entre la propaganda política y la política que toda historia contiene, lo que se establece es una relación de implicación recíproca entre Voltaire, por un lado, y el surgimiento de una esfera de opinión pública burguesa, por el otro. Una relación además que quizá no pueda ni deba simplificarse hasta el extremo de representar a Voltaire tan sólo como el «transmisor» de una inspiración filosófica dirigida hacia un público desinformado. Más bien al contrario, si se nos permite hablar de los *Elementos de la Filosofía de Newton* como parte integrante de un proceso genérico de formación de corrientes de opinión pública, es porque hablar de la formación y consolidación de esa esfera de lo político es necesariamente hablar del triunfo de Voltaire. Su historia debería consistir menos en la reconstrucción de su crítica o de su hagiología, -en la voltairomanie con la que Deshampes y otros intentaron encerrar su nombre o en el Te Voltairium Laudarom que se cantó en las tullerías después de la restitución de la familia Calas-, que en la explicitación de los

mecanismos por los que el «gran poeta de Francia» fue capaz de modificar y de crear corrientes de opinión pública que, por su parte, reconocieron en Voltaire a alguien más que al «gran poeta de Francia». La pregunta básica, desde este punto de vista, consistiría en establecer hasta qué punto los *Elementos* constituyeron no sólo una forma más, entre otras, de popularización científica, sino de qué modo participaron en la carrera intelectual de Voltaire en lo que tiene que ver tanto con su aceptación social como en lo que respecta a su consideración pública.

Sabemos, por ejemplo, que Voltaire retiró el manuscrito de los *Elementos de* las manos del impresor holandés, Ledet, a principios de 1737, en parte como procedimiento diplomático para obtener el favor del Canciller Daguessau, y en parte para contrarrestar la aparición clandestina de *Le Mondain*. Más tarde, en 1738, cuando intentó establecer amistad con Le Franc de Pompignan, fue también una copia de los *Elementos* lo que le mandó Voltaire por medio de Thieriot. Y lo mismo sucedió en 1745, cuando comenzó sus relaciones con la zarina Isabela Petrovna, que en última instancia conducirían a su admisión en la Academia de Ciencias de San Petersburgo. Al contrario de lo que sucederá con otras ramas del conocimiento, la mecánica y la óptica no sólo aparecieron para Voltaire, o para otros, como el prototipo de la ciencia o el modelo de racionalidad, sino como una forma de razonamiento desprejuiciado que, pese a algunas conclusiones peligrosas, resultaba en un principio «políticamente correcto». Al contrario que esa curiosidad mundana y populista por desvelar los secretos más íntimos de la naturaleza, casi cien años después de la condenación de Galileo las leyes del movimiento planetario seguían apareciendo como modelo de ciencia «elitista», esotérica y físico-matemática, opuesta a una ciencia natural de interés creciente y que enfatizará la observación por encima del experimento.[7] Porque la mecánica no es la contemplación de los insectos, ni los experimentos de regeneración, ni la anatomía de esa parte ... *propia qua feminis* de donde surgirá una ciencia verdaderamente materialista en sus implicaciones tanto como en sus presupuestos, Voltaire podía escribir a sus editores de Holanda que «había que ser un vendedor de orbetán para pensar que la filosofía del gran Newton pudiera estar al alcance de todo el mundo».

No bastará con decir, por tanto, que estamos ante una obra de popularización científica, como si sólo hubiera una ciencia que pudiera volverse, en un único sentido, «popular». Más bien al contrario, puesto que

la expresión universalizante «toute le monde» no comprendió de hecho a «todo el mundo», habrá que observar la instrumentalización voltairiana de la ciencia en esa visagra que separa Le grand monde de La société o el hombre de esprit del esprit grossier. Después de todo, el drama íntimo de los *Elementos* radica en que fueron escritos a medio camino entre la caída en desgracia del «gran poeta de Francia» en Versalles y el descubrimiento de una nueva forma de diplomacia y de politesse vinculada, en este caso, al mundo de la Academia. Fue después de todo a raíz de la publicación de los *Elementos* que Voltaire fue nombrado miembro de la Academia de las Ciencias de Bordeaux y de la Academia de Lyon en 1745; o de la Academia de La Rochelle en 1746. Fue también por algunos otros de sus escritos científicos, como sus *Réponse à toutes les objections contre la philosophie de Newton* de 1739, que Voltaire entró en contacto con Martin Folkes, de la Royal Society de Londres, quien de hecho apoyó su candidatura junto con el Duque de Richmond, the earl de Macclesfield y James Jurin, a quien Voltaire había enviado también en 1741 una copia de sus *Doutes sur la mesure des forces motrices et sur leur nature*.[8] Lo mismo, en última instancia, que sucedió con la Academia de Ciencias de Edimburgo, con el Instituto di Bologna, para el que Voltaire compuso su *Saggio*,[9] con la Academia Etrusca di Cotorna, con la Academia Florentina y, obviamente, con la Academia de Prusia, en donde fue elegido al mismo tiempo que La Condamine «par des suffrages unanimes».[10]

Es imprescindible recordar que incluso después de su regreso de Inglaterra en 1728, Voltaire era tan sólo el autor de una comedia, *Indiscret* (1725), de tres tragedias, *Oedipe* (1718), *Artémire* (1720) y *Hérode et Narianne* (1724), así como, sobre todo, de un poema épico, *La Henriade*, que se publicó por primera vez en 1723 con el nombre de *La Ligue*. No es de extrañar, por tanto, que después de la publicación en Francia de las *Cartas Filosóficas* en 1734, se extendiera la idea de un Voltaire que, habiendo «*Nacido para el poema épico y para lo dramático*» parecía haberse «*preparado para llegar a ser sucesivamente Crítico, Filósofo, Matemático, Historiador y Político*»,[11] o que las críticas se sucedieran hasta el punto de que una parte considerable de sus contemporáneos encontrara enormemente ridículo el ver «al autor de *La Henriade* ejerciendo el papel de físico».[12] Pero es que la distancia que separa al Voltaire «poeta» del Voltaire «filósofo», como la misma distancia que separa a Voltaire de Arouet, no es ni podría consistir tan sólo en el espacio comprendido entre

la publicación de *La Henriade* o *Las Cartas Filosóficas* o entre el nacimiento de François-Marie Arouet en 1694 y el mes de Junio de 1718 en el que el poeta francés comenzará a firmar su correspondencia primero como «Arouet de Voltaire» y después simplemente como «Voltaire». Es mucho más que de un pseudónimo o de un cambio de oficio de lo que estamos hablando. Lo que tenemos en la cabeza es una concepción puramente teatral de la sociedad francesa en la que el desarrollo del tema se hace depender de la correcta dramatización de los distintos carácteres y, en última instancia, también de la elección de sus nombres. Lo que tenemos delante es la dramatización como principio. No necesariamente la máscara o la ocultación, sino la pasión burguesa por el decoro, por la politesse y, por qué no, también por el ennoblecimiento. Un proceso recurrente de «self-fashioning», habilidad inopinable por la que uno es capaz de ponerse a sí mismo de moda que, antes como ahora, requiere de un conocimiento considerable de las reglas y de los mecanismos del teatro del mundo por el que uno se mueve y cuya existencia hace la propia posible.[13] El conjunto de la Ilustración, después de todo, abunda en este procedimiento dramático, en esta sistematización de la impostura, que explica hasta la saciedad el drama de Rousseau y su filosofía construida sobre la lógica implacable del «j'avoue».[14] Voltaire, por el contrario, «imbuido en una noción teatral de la existencia, compone su apariencia en función del auditorio delante del cual existe y, puede ser, por el que es capaz de existir».[15] Se trataba, sobre todo, de «distinguirse y no ser confundido»: «hubiera sido tan infeliz con el nombre de Arouet que he tomado otro, sobre todo para no ser confundido con el poeta Roué».[16]

La distancia que separa a Voltaire de sí mismo, esa permanente reconstrucción pública de su historia y de su persona, ese lado de intangibilidad que no nos permite siquiera determinar a ciencia cierta la fecha de su nacimiento o las circunstancias de su muerte, tampoco nos servirá por sí misma para establecer nuestra competencia en asuntos de mecánica o comprobar nuestra maestría en las cuestiones más intrincadas de la óptica. Lo que hayan podido contribuir los *Elementos* a eliminar ese espacio comprendido entre el filósofo y el poeta Voltaire quizá sirva de poco a la hora de comprender su prosa. Con todo, al menos será posible comenzar a entender que las razones que hacen de este libro un clásico del pensamiento no dependen tan sólo de la circunstancia notable de que se trate de un libro sobre Newton, ni siquiera de que sea un libro de Voltaire,

sino de que también es un libro que a su modo nos cuenta parte de la historia del autor del *Candide* cuando todavía no lo era y cuando todavía era muy poco «nuestro Voltaire».

JAVIER MOSCOSO
Harverd University, 1995

NOTAS

1. Estos artículos son: M. Staum: «Newton and Voltaire: constructive Sceptics», *SVEC*, 62 (1968): 29-56; D.J. Fletcher: «Bolingbroke and the diffusion of newtonianism in France», *SVEC*, 53 (1967): 29-46; P. Casini: «Briarée en miniature: Voltaire et Newton», *SVEC*, 179 (1979): 63-77 y Barber: «Voltaire et Newton», *SVEC*, 179 (1979): 193-202.

2. Voltaire, *Oeuvres complètes de Voltaire (Complete Works)*, editor general: W.H. Barber, Ginebra, Institut et Musée Voltaire y Oxford, Voltaire Foundation, 1968-1995 (incompleta). Los volúmenes I-LXXXIV contienen las obras literarias, mientras que los volúmenes LXXXV-CXXXV contienen la correspondencia editada por Th. Bestermann. El volumen de los *Elementos* corresponde al vol. 15 y ha sido editado por el propio Barber en colaboración con Robert L. Walters. Al contrario que la edición de Lafuente y Arboleda, esta de Barber no toma como texto base la edición de los *Elementos* de 1745, sino la primera edición de 1741, muchas de cuyas variantes aparecen, sin embargo, recogidas en esta edición.

3. Para una lista completa de algunos de estos conceptos y sobre su uso por parte de historiadores, véase Peter Burke, *History and Social Theory*, Cambridge, Polity Press, 1992. Sobre cómo la historia de la ciencia es capaz de integrar esos elementos en una sola narrativa, véase A. Lafuente y A. Mazuecos, *Los Caballeros del Punto Fijo. Ciencia, Politica y Aventura en la Expedición Geodésica Hispanofrancesa al Virreinato del Perú en el Siglo XVIII*, Barcelona, El Serval/CSIC, 1987.

4. «Madame, Ce n'est point ici une marquise, ni une philosophie imaginaire». Véase más adelante, pág xx.

5. Walter and Barber, p. 3.

6. Al parecer la expresión «*Die Weltgeshichte ist das Weltgericht*» fue utilizada por primera vez por Schelling y, a decir de Carlo Ginzburg, Hegel la utiliza al menos en tres ocasiones a lo largo de sus escritos. Cfr. C. Ginzburg, *Il giudice e lo storico: Considerazioni in margine al processo Sofri*, Torino, 1991.

7. Voltaire, *Eléments*, ed. crítica a cargo de Barber and Walter, Oxford, pág. 57.

8. Beste. 2345 en SVEC, iv, 236.

9. Best. 2996.

10. Cfr. Colon, p. 253.

11. *Journal Universal*, 1745, (1746), pág. 198.

12. Best, 1281; 20 de Junio de 1737. Poco antes, por tanto, de la publicación de los *Elementos*.

13. La expresión self-fashioning la utiliza de manera recurrente M. Biagioli en su *Galileo, courtier*.

14. B. Stafford, *Artful Science. Enlightenment Entertainment and the Eclipse of Visual Education*, Cambridge, Mass, The MIT Press, 1994, págs. 73 y ss.

15. Pomeau, vol. I, p. 118.
16. D72, a Jean-Baptiste Rousseau, citado por Pomeau, vol. I, pág. 117. Según Pomeau, el poeta Roi pronunciaba su nombre a la manera antigua, esto es «Roué».

VOLTAIRE Y LA DIFUSION DEL NEWTONIANISMO

Un ministro de interior propuso a De Gaulle en 1968 encarcelar a Sartre. «On n'arrète pas Voltaire», fue la respuesta lúcida del acosado general.

En mayo de 1778 sería enterrado en la abadía de Sellières, donde su cuerpo fue discretamente honrado con cristiana sepultura por el abad, su sobrino. Trece años más tarde, en 1791, la Asamblea Constituyente ordena el traslado de sus cenizas a la iglesia de la Montagne Sainte-Geneviève, la nueva Westminster del laicismo francés, el gran templo de la memoria nacional. La solución no fue del gusto de todos y, así, cuando el régimen resultante de la Restauración devolvió el edificio al culto católico, fueron removidos los restos de algunos filósofos librepensadores. Corrió por entonces el rumor de que los de Voltaire habían sido abandonados en un secreto lugar de la campiña francesa. El Panteón o la Cloaca parecían ser el lugar alternativo reservado a la memoria de François-Marie Arouet.[1]

Durante el siglo XIX, y aún en las primeras décadas de nuestra centuria, la personalidad y la obra de Voltaire han sido objeto de fuertes controversias. Respetado por todos como autor dramático, y a veces en tanto que poeta clásico, el resto de su obra no ha suscitado tal unanimidad. Por una parte tenemos a los republicanos, liberales y anticlericales de distinto signo, que se esforzaron en identificarlo como un símbolo indisociable de la identidad cultural francesa. Para ellos, acusados con violencia por radicales y anarquistas de mistificar la figura de un burgués capitalista y autoritario, la única solución aceptable era el Panteón. Del otro lado, los monárquicos y cristianos tradicionales sólo vieron al blasfemo instalado en la más disoluta molicie. Meter a Voltaire en la Cloaca, la gran empresa de quienes se concebían herederos de una tradición pisoteada en la Revolución, fue el objeto que animó importantes búsquedas documentales que, sin

solución de continuidad, desvelaron y resaltaron aspectos poco conocidos de su vida: las especulaciones financieras o su desprecio por el pueblo llano se citaban junto a las relaciones incestuosas con Mme. Denis o el concubinato con Mme. Chatêlet. Pero el maniqueísmo de los polemistas o la dureza del debate ideológico no pudo encerrar a Voltaire en clisés, ni ocultar las contradicciones del estereotipo, y así, los discípulos de Rousseau despreciaban al Patriarca de Ferney, mientras los defensores del estado laico tenían como aliados a deístas, protestantes o ateos. Todo parece suscitar, a un tiempo, las mayores adhesiones y los peores rencores; nada parece, sin embargo, expresar mejor el carácter y la función del mito que su talante hipocondriaco y su histrionismo inveterado. Joseph de Maistre, por ejemplo, se irrita y tematiza su sonrisa, ese rictus sardónico con que lo inmortalizaron muchos retratos y grabados.

En realidad lo que no se le perdona es su fundamental contribución a la iglesia del Libre Pensamiento, la anti-Iglesia: no es cierto que Voltaire careciese de creencias religiosas, en cambio sí cabe situarlo en el centro de la gran transferencia de sacralidad que representan la Ilustración y el proceso iniciado en Europa tras la fecha de 1789. La creación del Panteón se ve acompañada por una nueva concepción del tiempo histórico: los santos son sustituidos por grandes hombres y a Voltaire se le asigna el primero de mayo. En la nueva París, el boulevard Voltaire une la plaza de la République con la plaza de la Nation. Todos estos simbolismos arrastran al biógrafo de la Enciclopedia Espasa-Calpe, entre otros muchos, a posiciones tan sectarias como reaccionarias. En tales extremos, apenas se salva parte alguna de sus obras dramáticas o científicas, de los escritos de poesía, política, cuentos, historia, costumbres, teología, filosofía o metafísica. Sus actividades como diplomático, hombre de negocios, cortesano oportunista o amante solícito, siempre han incitado a la sospecha. Su cosmopolitismo, acreditado por largas estancias en Londres (1726-28), Cirey (1735-44), París (1745-47) Lunéville (1748), Berlín (1750-54), Ginebra (1755-57) y Ferney (1758-78), por las frecuentes visitas a Amsterdam, Bruselas, Basilea, etc., o en los viajes que llevan a sus personajes al corazón de las culturas china, árabe, oriental e hispánica, es interpretado como desarraigo, cuando no calificado de antipatriota.

En los últimos años los estudios sobre Voltaire han sufrido un vuelco impresionante al beneficiarse los eruditos con la edición de las *Ouvres Complètes* emprendida por Théodore Besterman. La primera edición de la

Correspondence (Ginebra, 1953-1965) ocupó 107 volúmenes y ha sido posteriormente enriquecida en la nueva edición de Oxford (1968-1977, vols. 85-135). Los escritos que nos quedan ocuparán 150 volúmenes, siendo unas 15.000 las cartas editadas y anotadas que cruzó con cerca de 1.000 corresponsales. Muchas de sus obras siguen reimprimiéndose en varias lenguas, conservando dos siglos después la frescura u oportunidad del mensaje: la lucha contra la intolerancia, que hoy nombramos integrismo, la apuesta por la razón, el hostigamiento a las élites en el poder o la visión universalista de la cultura humana siguen siendo temáticas de actualidad. Este renovado interés por Voltaire, calificado por muchos de primer intelectual moderno en Europa, no facilita, sin embargo, la tarea de sus biógrafos. Nunca fue tan difícil identificar los hitos claves de su vida y aún pasará mucho tiempo antes de que el equipo dirigido por René Pomeau concluya el proyecto de construir la biografía *Voltaire en son temps* en cinco volúmenes, de los que sólo ha aparecido el primero,[2] tomando en cuenta la voluminosa documentación habilitada por Besterman y los múltiples estudios monográficos publicados por la Voltaire Foundation en la serie *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century*.

François-Marie Arouet (1694-1778) nació en el seno de una familia de clase media; su padre putativo, notario que trabajó en la Cour des Comptes, era un jansenista radical y autoritario que, sin embargo, lo enviaría a estudiar al famoso colegio de los jesuitas Louis-le-Grand en París, con la esperanza de que trabase relaciones con los vástagos y herederos de la élite nobiliaria francesa. De su paso por el internado quedan algunos testimonios sobre el talante autoritario que se respiraba en las aulas, la memoria de algunas prácticas sodomitas o el recuerdo de ágiles discusiones sobre puntos de teología y filosofía moral. Poco pudo aprender el joven Arouet de ciencia y filosofía modernas, pues el destino de las enseñanzas era ante todo la retórica, la poética y el estudio de los clásicos latinos. En tales materias, sin embargo, la educación estuvo a cargo de maestros competentes y sensibles, dando muy pronto pruebas nuestro alumno de una brillantez inusual. Ya en 1710 saboreó el primer triunfo en su vida literaria, al recibir los dos primeros premios de discurso y versificación latina, en una sala repleta de personalidades que aplaudieron ante profesores y compañeros. Al abandonar el colegio, desiste de estudiar leyes, contraviniendo el deseo de su padre, y comienza a introducirse en círculos literarios y libertinos de París. Muerto Luis XIV, de cuyo reinado

Voltaire sólo conoció la decadencia, todo el país parece liberarse de un encorsetamiento insoportable: la regencia de Felipe de Orleans modifica las costumbres, abre espacios para la renovación cultural e inaugura una etapa de sonadas fiestas en la corte. Este es el medio donde Voltaire se moverá con soltura, dejándose halagar por sus contertulios en la escalada hacia el éxito social. Muy pronto, sin embargo, descubrirá los límites del ambiente libertino parisiense: un texto contra la voluptuosa y disoluta vida sexual de la duquesa de Berry, hija del Regente, causa diversión. Al año siguiente es el mismo duque de Orleans el acusado. Tras un extrañamiento en Sully-sur-Loire, once meses en la Bastilla serán el precio. Durante su reclusión concluye *Oedipe*, primera de sus tragedias, recibida con grandes aplausos. El conflicto con el poder le situará ante una de las constantes de su vida intelectual: la preocupación por los rasgos del monarca ideal. Así comienza a interesarse por Enrique IV, a quien atribuye el mérito de acabar con las guerras de religión, y redacta *La Henriade* (1723), poema épico con pretensiones de ser la Eneida francesa. El 12 de junio de 1718 firma, por primera vez, Arouet de Voltaire, cinco meses más tarde sólo rubricará con Voltaire. Nuevamente logra el favor del trono, y conseguirá una pensión de la reina Maria Leszcynska; como poeta cortesano descubre la posibilidad de vivir sin trabajar, una de sus grandes motivaciones personales. En septiembre de 1722 conoce Holanda, «le magasin de l'universe». En Amsterdam admirará una sociedad de comerciantes, dominada por las virtudes burguesas, que practica la tolerancia, la libertad de pensar e imprimir y que ama el lujo y la prosperidad. Allí conoce a algunos sabios, como Jean Leclerc o Jacques Barnage, pero lo que más le impresiona es la libertad religiosa, inquietud que le llevará a interesarse por la filosofía. Su amistad con lord Bolingbroke, líder tory exiliado en París, será decisiva en los comienzos de esta nueva aventura intelectual, pues es por su influencia por lo que se lanza a la lectura de Clarke y, sobre todo, de Locke. Sus primeras reticencias hacia el empirismo inglés se transformarán en una entusiasta adhesión; en efecto, tras el affaire Rohan y un corto encarcelamiento en la Bastilla emprenderá el camino del exilio en Londres, a donde llegará el 11 de mayo de 1726. El viaje cierra una etapa de su vida: atrás queda el poeta cortesano y nace Voltaire.

Aunque el único amigo verdadero de estos tres años fue E. Fawkener, directivo de una empresa de importación-exportación, trabó relaciones

con Swit, Pope, Congreve, Berkeley, Clarke,... y una larga lista de personalidades de la política, la religión y la cultura londinenses. Como en Holanda, también el *confort* de la vida cotidiana, la frugalidad de los usos alimenticios, la ligera y sencilla elegancia en el vestir, junto a la tolerancia y la apertura del sistema político, le parecen signos de progreso y prueba incuestionable de la superioridad de Inglaterra en la Europa del momento. Todo le causa admiración: la filosofía empirista, la teología deísta, la política parlamentaria, la ciencia newtoniana, la tragedia shakespeariana, la consideración social de los grandes hombres (científicos, actores, literatos), y otros muchos tópicos de los que hablará en sus *Cartas filosóficas*. Todo ello, según Voltaire, era consecuencia del espíritu comercial anglosajón, pues, con la apertura a otros mercados, llegaba la tolerancia y con ésta la creatividad intelectual. Cuando regresa a Francia en 1728 está decidido a presentar por escrito tanta novedad: *Brutus* (1730), la *Histoire de Charles XII* (1731), las *Lettres philosophiques* (1734) y *La Pucelle* (1733), quizá sean las obras más representativas de su reencuentro con París. Un drama shakespeariano, una historia donde abandona las idealizaciones nobiliarias y reconstruye un proceso civilizador a través de la creencia en el *hombre único*, un viaje filosófico hacia las entrañas de una cultura modélica y una crítica despiadada e irónica del símbolo de Juana de Arco, junto a otros textos irreverentes para la nobleza como *Temple du Goût*, fueron más que suficiente novedad para provocar un nuevo exilio.

El 10 de junio de 1734 un *arrêt* del Parlamento condena las *Lettres*. Por entonces cierto *Portrait* de Voltaire, anónimo comúnmente atribuido a Charost, proporciona una imagen deformada y tópica del personaje, cuya vigencia ha perdurado hasta hoy: se le califica de *indeciso* en temas religiosos, *superficial* en filosofía, *incapaz de profundizar* en las ciencias y *descontento* con su país. Eran muchos los enemigos y se imponía una retirada. Así comenzará su vida con Mme. Chatêlet en Cirey, a partir de 1734. La mansión, semiabandonada y alejada de la civilización en la Champagne, será transformada en un suntuoso palacio repleto de libros e instrumentos científicos, lugar de encuentro con notables intelectuales (Clairaut, Maupertuis, La Condamine, Algarotti, Koening,...) y, ante todo, centro de trabajo donde Emilie y Voltaire se impusieron la severa disciplina de largas jornadas de estudio en física y metafísica. A esta etapa pertenecen los *Eléments de la philosophie de Newton* y la traducción de los *Principia* que realizara Mme. Chatêlet. Se inician también las relaciones con el

príncipe que habría de ser rey de Prusia, Federico II, el rey filósofo. Tales contactos llevarán a Voltaire a aceptar encargos diplomáticos en Berlín. A comienzos de los cuarenta sus amigos son poderosos en todas las cortes europeas, incluso el propio papa de Roma aplaude su *Mahomet* (1742). En París, los d'Argenson y Mme. Pompadour son sus valedores; en Berlín, el propio rey le tienta con los mayores honores para que se instale en su corte. Mientras se deja halagar, aprovecha para hacer algunos negocios que le permiten amasar una gran fortuna. No ceja, sin embargo, ante la adulación; nuevos escritos cáusticos contra personajes influyentes y algunos fracasos literarios, reagruparán fortalecidos al grueso de sus enemigos. Las relaciones con Emilie, otrora fecundas y apasionadas, se convierten para él en una pesadilla; al quedar embarazada en una relación desgraciada con el poeta Saint- Lambert, se rompen las cadenas que lo unían a ella. Su muerte en el parto lo sume en una profunda depresión. Voltaire abandonará nuevamente su viejo mundo para emprender otro ciclo vital en Berlín, aceptando la insistente invitación de Federico II. Por fin podría contribuir a la conformación de una verdadera monarquía ilustrada: despótica porque la cultura entendía que era patrimonio de las élites, mas civilizadora y ambiciosa de progreso. La corte prusiana, sin embargo, era un mundo demasiado mezquino, pequeño e intrigante. No cabían tantos astros como había concentrado el rey Federico en su firmamento. Tras algunas querellas, en especial la mantenida con Maupertuis, abandona Prusia el 27 de marzo de 1753. Antes, publicando *Micromegas* (1752), anunciaba su talento en un nuevo género literario: el cuento filosófico.

Tras un incidente con la policía de Federico II en Frankfurt, decide establecerse en Ginebra, donde se instala en la mansión «Les Delices». En los próximos años culmina sus importantes trabajos históricos: *Le Siècle de Louis XIV* (1751) y el *Essai sur les moeurs* (1756), obras donde se propone historiar la civilización, mostrando el progreso de las artes y de las ciencias. La primera, escrita con documentos a la vista, la segunda, sintetizando múltiples lecturas secundarias. ¿Qué es la civilización? El progreso y el lujo, entendido este último al modo inglés, como *confort*. El estado de civilización no es natural a la sociedad humana; los grandes hombres, como Newton, y los monarcas ilustrados, como Enrique IV, son quienes lo forjan, actuando como artesanos autoritarios del progreso.

En 1757 aparece el artículo *Ginebra* en el volumen VII de la *Encyclopédie*, incluyendo severas críticas a ciertas manifestaciones de intolerancia en la ciudad de Calvino. Aunque firmado por D'Alembert, quien previamente había visitado les Delices, se señala a Voltaire como responsable. Una vez más debe huir.

Como el protagonista *Zadig* (1747), diplomático, agente secreto, financiero, eminencia gris de las potencias europeas,... abandona la aspiración a roles tan estructurales. El pesimismo que transpira el *Poème sur le désastre de Lisbonne* (1756) es el tema central de la novela corta *Candide* (1759), cuyo «héroe», tras múltiples desgracias, concluye que la felicidad sólo puede encontrarse en el retiro de quien cultiva su propio jardín. Así, de Ginebra pasa a Ferney, finca situada en la frontera entre Francia y Suiza, lugar discreto y libre del acoso policial y campo de experimentación para sus ideas económicas y de reforma social. Ferney se transforma en un pequeño y modesto estado, vanguardista por la aplicación de las nuevas técnicas agropecuarias y el desarrollo de las manufacturas. Casi todo fracasó; de hecho, Voltaire sólo puede concebirse como un extraño señor feudal que sermonea a sus fieles en Semana Santa y que adopta actitudes despóticas. Simultáneamente promueve un cambio en las costumbres de los campesinos, les otorga ciertos derechos y, ciertamente, logra una gran popularidad. Su desengaño con los monarcas europeos coincide con el desmoronamiento de las estructuras del *ancien régimen*, tras los desastres de la guerra de los Siete Años; el pueblo no ama al rey y tampoco respeta a la nobleza. De Francia se retira la Compañía de Jesús, uno de sus pilares; muchos intelectuales se sienten bastante fuertes para acariciar la idea de su independencia frente al estado. Este es el momento del gran ataque de Voltaire, la coyuntura en que prepara la «révolutions dans les esprits». Su revolución es política en un sentido general, pues se muestra muy indiferente frente a las instituciones. En esta nueva etapa de Ferney, donde se reencontrará con la vocación filosófica cultivada en Cirey y que se expresará en textos como *Le Philosophe ignorant* (1766), *Tout en Dieu* o las *Questions sur L'Encyclopédie* (1770), se convierte en un hábil instrumentalizador de la opinión pública mediante el manejo de los *affaire*; destacará en su batalla contra la infamia y la intolerancia en el caso Calas.

En la última etapa de su vida, transformado en un «don Quichotte des malheureux», busca el éxito en el nuevo rol de rector de la conciencia

pública, se proyecta en sus lectores como el hombre del progreso.

Su penúltimo éxito coincidirá con el regreso a París el 10 de febrero de 1778, tras una ausencia de 28 años. Los testimonios describen una apoteosis; en su última gran representación, nadie desea escatimar los aplausos. Enfermo y afectado por la excitación que le rodea, morirá el 30 de mayo. La prohibición de que tuviese entierro cristiano llegaría demasiado tarde.

REEDUCACIÓN DE VOLTAIRE

El 18 de abril de 1726 Voltaire fue arrestado y encerrado en la Bastilla. El affaire Rohan, un conflicto típico del barroco, entre el caballero Rohan-Chabot y el poeta de moda en París, donde la prepotencia del primero y la incontinencia verbal del segundo se convierten en comidilla cortesana, producirá un vuelco en la biografía de quien ya era por su fama más peligroso en la cárcel que alejado de sus numerosos admiradores. Y, en efecto, unos días más tarde se le autorizaba el exilio en Londres, a donde llega «pour apprendre à penser» el 11 de mayo. Tras unos primeros meses dedicados a aprender inglés en Wandsworth, residencia de su amigo el comerciante E. Fawkener aprovechados para aprender inglés, parece que la noticia de la muerte prematura de su hermana Mme. Mignot le provoca una crisis de la que escapará suspendiendo su amable retiro campestre y desplegando una frenética actividad en los medios teatrales londinenses durante el otoño de 1726. Hay constancia de su creciente pasión por Shakespeare, así como de la asistencia a representaciones de Othelo, Hamlet, Macbeth, Lear, Julius Caesar y otras piezas clásicas. Desde noviembre, instalado ya en Londres, inicia una intensa vida social que le permitirá conocer y, a veces, trabar profunda relación con la élite intelectual y política del momento. Por estas fechas su intención de acumular noticias sobre el pintoresquismo urbano y la vida cotidiana, para redactar el usual relato de un viajero en corte extranjera, se transforma en el proyecto de confrontar dos modelos de civilización: uno, su pasado y el de Europa, prisionero de privilegios nobiliarios, anclado en la intolerancia religiosa y encerrado en mil formalismos caducos; otro, el futuro que ya disfrutaban ingleses y holandeses, basado en el comercio, el respeto a los grandes hombres, la libertad religiosa y el progreso científico. Este sería el destino principal de sus *Lettres concerning the*

English nation (1733), redactadas inicialmente en inglés para ser posteriormente reelaboradas, y no traducidas como se dice con frecuencia, en la versión francesa publicada al año siguiente con el título *Lettres philosophiques*.[3]

Sin duda, su amistad con Bolinbroke, quien le introdujo en los círculos intelectuales, fue decisiva. En realidad esta relación, iniciada cuatro años antes durante el exilio del líder tory en París, constituyó un hito en la biografía de Voltaire, pues fue por consejo suyo como se aventuró a la lectura de Locke en 1724 o comenzó un intercambio de cartas con Pope. En muchos sentidos Bolinbroke se convirtió en su director espiritual, tanto en Francia, donde le enseñó a desconfiar de los sistemas filosóficos de Malebranche, Spinoza, Leibniz o Pascal, como en Londres, al introducirlo en los medios científicos afectos al newtonianismo y al deísmo. Conviene, sin embargo, aclarar que su conversión al empirismo fue posterior a 1726, y que su profesión de fe newtoniana no se produjo, más allá de la seducción que ejercieron sobre él las exequias de Newton en Westminster Abbey en 1727, hasta después de regresar a París. De hecho, los capítulos dedicados a ambas cuestiones en sus *Lettres* fueron redactadas en Francia hacia 1732. A este respecto es bien conocido que la primera edición completa de *La Henriade* (Londres, 1728) contenía en el séptimo canto una referencia a los torbellinos cartesianos que sería reemplazada en la edición de 1730 por una terminología acorde con la cosmología newtoniana. En este año ya hay datos que permiten afirmar que es sensible a las profundas implicaciones filosóficas y teológicas de la obra de Newton, si bien su nivel de comprensión de la parte científica apenas alcanzaba a ser el de un simple aficionado a la novedad.[4]

Entre sus relaciones en Londres cabe destacar las que mantuvo con Lévesque de Pouilly, Samuel Molyneaux, Robert Smith, John Conduit y, sobre todo, con Henry Pemberton, autor de *A view of sir Isaac Newton's philosophy* (Londres, 1728); sin duda este sería el texto que más le influyó en su acercamiento al pensamiento científico newtoniano. Entre los médicos, se sabe que mantuvo contactos con Hans Sloane, presidente de la Royal Society desde 1727, John Freind, Willian Cheselden y Richard Mead, entre otros influyentes científicos londinenses.[5] Con toda probabilidad, Voltaire asistió a conversaciones donde se habló de la óptica y de la atracción newtonianas, pudiendo percibir que se trataba de propuestas alternativas a las defendidas por Malebranche y, en general,

por los físicos cartesianos; sin embargo, su principal motivación intelectual en Inglaterra fue metafísica y, desde ella, junto a su admiración por el teatro y el sistema social, alcanzó a interesarse en las obras de Pope, Swift, Dryden, Milton y, sobre todo, de Samuel Clarke, con quien se sabe que discutió ampliamente cuestiones de teología y filosofía moral.

De hecho la primera parte de los *Elementos* constituye un buen resumen de los contenidos de la polémica que mantuvo, sustituyendo a Newton, con Leibniz.[6] Durante toda su vida, Voltaire realizaría continuas referencias a Clarke, considerándolo como uno de los fundadores de la moderna filosofía, junto a Locke y Newton. Sin duda, tal apreciación es exagerada y sólo puede entenderse desde el impacto que le causó la lectura de sus obras; en especial, fueron muy influyentes el *Discourse concerning the being and attributes of God* (1706, traducido al francés en 1717) que contenía las *Boyle lectures* pronunciadas por Clarke en 1704 y 1705 y, desde luego, la edición de las polémicas cartas cruzadas entre 1715 y 1716 con Leibniz. Entre los varios difusores del pensamiento newtoniano, le corresponde a Clarke el mérito de haber forzado a Newton a desarrollar su pensamiento metafísico introduciendo en la versión latina de la *Optica* (1706) siete *queries* más que en la versión precedente inglesa de 1704. Posteriormente tales ideas serían desarrolladas en el famoso *Scholium generale* con que terminaba la segunda edición de los *Principia* de 1713. El conjunto de los textos citados tenían en común la preocupación por fundamentar racionalmente una religión natural, por construir los elementos básicos de una teología natural. Hacia estas cuestiones había mostrado ya Voltaire sus convicciones deístas en algunos escritos previos al viaje a Inglaterra. Y este parece ser el camino seguido por el poeta francés para transformarse en un filósofo al gusto inglés.[7]

Desde este punto de partida volverá a releer a Locke, a quien siempre considerará el mayor filósofo desde Platón, así como otros textos que le abrirán las puertas de la nueva ciencia. Entre ellos, suelen citarse los de J. Keill, *An introduction to natural philosophy* (Londres, 1720), W.J. s'Gravesande, *Philosophiae Newtonianae institutiones* (Leiden, 1723), W. Whiston, *Sir Isaac Newton's mathematick philosophy more easily demostrated* (Londres, 1976) y, para no prolongar esta lista, el *Eloge de Mr. Newton* (1727) y los *Entretiens sur la pluralité des mondes* del cartesiano Fontenelle. Sin duda, no fueron éstas las únicas lecturas de Voltaire, aunque sí representaron los hitos más notables en su proceso de

reeducación científica.

Su admiración por Clarke y Newton, sin embargo, no le impidió distanciarse de ellos en algunos puntos.[8] En especial no comparte sus concepciones acerca de un Dios patriarcal que exige total obediencia de sus servidores, que es justo pero también severo. No era éste el dios lejano de los filósofos, sino el Pantocrator de los padres de la Iglesia, la extensión sin límites del espacio y el tiempo, típica del misticismo judeocristiano, el legislador universal que ejercía un dominio *real* sobre el mundo. Para Voltaire, tal concepción se aproximaba peligrosamente a la mantenida en Francia por los jansenistas y le horrorizaba imaginar a un Ser tan poderoso preocupado por las miserias humanas y responsable en último término de sus desgracias. Contra la tendencia de los *latitudinians* a considerar que el orden cósmico sostenido a cada instante por Dios debía tener el correlato necesario de un orden social, también natural, querido por el Creador y preservado por la Monarquía, Voltaire declaraba que la moralidad y la política son constructos sociales sin ninguna relación con la religión y, menos aún, prescritos por una ley divina. Estas eran las ideas desarrolladas en su *Traité de metaphysique* y que ya se anunciaban en su *Oedipe*, cuando denunciaba la injusta severidad de los dioses al infligir a Jacoste sufrimientos inhumanos e inmerecidos. De sus conversaciones con Clarke, llegó a la conclusión de que el mejor argumento para justificar la existencia de Dios era el basado en las causas finales, pero nunca creyó que constituyese una prueba irrefutable, sino una especulación plausible que conducía a conclusiones menos absurdas que la simple negación de un Ser Supremo. Su existencia constituía pues una conveniencia filosófica.[9]

Ningún libro de Voltaire refleja mejor la importancia de su paso por Inglaterra que las *Lettres*, obra que tiene un carácter programático. En cierto modo, muchas de las cartas encierran los contenidos elementales que posteriormente serían desarrollados en otras obras. Esto es particularmente cierto en lo que respecta a sus ideas filosóficas y científicas. Limitándonos a estas últimas, objetivo principal de los *Elementos* y por tanto de nuestro estudio, es importante notar que su redacción se realizó en 1732, a diferencia de las anteriores que estaban completas o en avanzada elaboración desde 1728. Como ya se ha dicho, cuando asiste a los funerales de Newton en abril de 1727, no sabe gran cosa de su doctrina, excepción hecha de las implicaciones metafísicas, pero en cambio sí comprende el sentido del homenaje que se tributa a su genio intelectual.[10]

El esquema de las *Lettres* fue seriamente planificado: siete cartas para discutir la situación religiosa, tres a la política y económica, una dedicada a la inoculación, cinco a la literatura, dos para describir el rol del hombre ilustrado en Inglaterra y, finalmente, seis destinadas a la filosofía y la ciencia. Procede Voltaire contraponiendo grandes sistemas y construyendo, en torno al supuesto *affaire* que los enfrentaba, frases inteligentes y audaces que fijen la atención del lector en los temas que juzga importantes. Sin duda la dialéctica Locke-Pascal y Newton-Descartes es el eje principal de elaboración de sus ideas. En las cartas XIV a XVII se exponen los fundamentos de la nueva ciencia, empleando como fuentes principales de información, además de las ya citadas, el *Discours sur les différents figures des astres* (1732) de Maupertuis, la *Vie de Descartes* (1691) de Baillet, las *Historical memoirs of the life of dr. Samuel Clarke* (1730) de W. Whiston y *A system of experimental philosophy* (1719) de J.T. Desaguliers. Por su correspondencia sabemos que fue el *Discours* el libro que provocó su conversión definitiva al newtonianismo; en efecto, el tono empleado en las cartas a Maupertuis demuestra el ardor del neófito: «espero vuestra respuesta -escribía en octubre de 1732- para saber si debo creer o no en la atracción... Mi fe dependerá de vos» (Best. D 533); y unos días más tarde, ya recibida la contestación, insistía: «Vos habéis aclarado mis dudas con la nitidez más luminosa. Héme aquí newtoniano a vuestro modo. Soy vuestro prosélito y pongo mi profesión de fe en vuestras manos» (Best. D 534).[11]

La carta XIV, quizás redactada parcialmente en 1728, constituye un intento de atraer progresivamente al lector a la «sana filosofía». Su opinión sobre Descartes no se modificaría substancialmente en lo sucesivo; considerado entre los genios precursores de la modernidad y respetado como matemático, será severamente criticado por sus fabulaciones filosóficas y errores en física. En la siguiente carta «Sobre el sistema de la atracción», se esfuerza en explicar su fundamentación empírica y en descontaminar el principio newtoniano de cualquier interpretación metafísica. La estructura de esta carta se corresponde muy aproximadamente con el plan seguido para el tratamiento de la atracción en los 14 capítulos de la parte 3ª de los *Elementos*; esta misma correspondencia puede establecerse entre la carta XVI y la segunda parte dedicada a la óptica.[12] Todas en conjunto constituyen un testimonio de la admiración que sentía por Newton y que no dudó en reiterar posteriormente, calificando

al siglo como newtoniano o escribiendo en el *Siècle de Louis XIV* (capítulo 34): «(Son sus descubrimientos) los que llevaron a decir a un gran filósofo, al sabio Halley, que no le será permitido a ningún mortal estar tan cerca de la divinidad».

Según Ira O. Wade, la primera gran etapa de la vida de Voltaire se extendió entre 1726 y 1739, dividiéndose en tres períodos: estancia en Inglaterra (1726-1729), estudio y consolidación de su experiencia inglesa (1729-1734) y profundización e imitación de lo inglés (1734-1739). Esta última fase coincide con los primeros años de la etapa de Cirey (1734-1749), aquéllos en los que culmina su reeducación con escritos fuertemente influidos por Pope, Swift, Locke y Clarke. Entre ellos también los *Elements de la philosophie de Newton* (1738), a cuyo proceso de elaboración destinaremos el siguiente apartado.[13]

EL DICTADO DE MINERVA

La aparición de las *Lettres* provoca las iras de los enemigos de Voltaire, considerándose su contenido, especialmente los capítulos dedicados a Locke y Pascal, muy irreverentes para las creencias religiosas de la católica Francia, así como excesivamente críticas sus opiniones sobre el teatro, la literatura, la filosofía y la ciencia patrias. Son muchos, y muy poderosos, los sectores de la vida cultural y cortesana parisiense que se sienten agredidos y reclaman un castigo ejemplar. En su correspondencia aclara Voltaire que la persecución está siendo orquestada por jansenistas, jesuitas y cartesianos con el apoyo de políticos influyentes y el silencio complaciente de algunas venerables instituciones, como la Academia de Ciencias. La polémica coincide con el escándalo provocado por la circulación de *Temple du Goût* y, sobre todo, por la difusión de *La Pucelle*. Finalmente, el 10 de junio de 1734, las *Lettres* son condenadas públicamente en el Parlamento; el círculo de sus enemigos se estrecha y, mientras corren rumores sobre su detención, Voltaire huirá al refugio de Cirey. La relación con Mme. Chatêlet, iniciada en 1733, pasará a convertirse desde mediados de 1735 en el pilar más sólido de una de las etapas más fecundas de su vida.

La mansión de Cirey estaba ubicada en un valle pobre y primitivo, rodeado de bosques y alejado de la civilización. No era un lugar agradable para quien, como Mme. de Chatêlet, estaba acostumbrada a la vida

cosmopolita y empeñada en un amor imposible con su maestro de física, Maupertuis; así se explican, pese a la insistencia de Voltaire, sus primeras resistencias al traslado. A mediados de 1735, Emilie decide unirse a alguien que, según escribía a Maupertuis, «lo amo bastante, os lo reconozco, como para sacrificarme a la felicidad de vivir con él sin alarmas y al placer de apartarlo, a su pesar, de sus imprudencias y de su destino».[14] Tras la luna de miel del verano comenzará la actividad; simultáneamente, se remodelará la residencia según el gusto de quien, dotado de una gran fortuna, había declarado para irritar más a sus oponentes: «yo amo el lujo y aún la molicie», y se adquirirán los instrumentos necesarios para instalar un gabinete de física experimental y los libros adecuados al proyecto de proceder a una revisión crítica de las físicas y metafísicas newtoniana y leibniziana.[15] En el otoño de 1735 reciben la visita de Algarotti durante seis semanas, tiempo suficiente para discutir su intención de dar a conocer la óptica de Newton al público italiano. Proyectaba el joven conde veneciano imitar la técnica empleada por Fontenelle en los *Entretiens*, sustituyendo las crisis de fe en el escolasticismo de aquella dama por otras «catástrofes de opinión» que condujesen al «bello sexo» al newtonianismo. Como declaraba en la dedicatoria al propio Fontenelle: «He tratado de hacer mi libro tan interesante como las obras de Teatro; ¿hay algo en el mundo, sobre todo cuando se habla de las Damas, con lo que se deba perder de vista los intereses del corazón?».[16] El proyecto atraía a Voltaire y caía en un momento de progresiva «newtonización» de Cirey, pero la publicación de *Il newtonianismo per le dame*, tan mediatizado por un arcaísmo galante y frívolo, les desagradó profundamente. No es descabellado suponer que la decepción producida en sus amigos está en el origen del proyecto de acelerar la publicación de los *Elementos*. Tal pretensión pudo confirmarse en su visita a Holanda de diciembre de 1736, durante la cual asistió a los cursos de s'Gravesande en Leyden y conoció a Boerhaave.[17] Al regresar a Cirey junto a Mme. Chatêlet, su principal ocupación sería estudiar ciencia.

¿Por qué un sometimiento tan prolongado (1736-38) a la severa disciplina de reiterar experimentos y aprender física? Dos son las razones que tentativamente se han apuntado; de una parte, su voluntad de desarrollar una actividad poco comprometida políticamente. Opción en la que insistía Emilie, ya por entonces celosa de cualquier requerimiento exterior que apartara a Voltaire de las preocupaciones que ambos

compartían, en su pretensión de acaparar al amante y protegerlo de su volterianismo. Se ha señalado también, por otro parte, que Voltaire ambicionaría desafiar a sus enemigos tratando temas que ignoraban por completo.[18] Sea como fuere, lo cierto es que su interés no sería pasajero y, terminados los *Elementos*, se ocuparon intensivamente en la redacción de sendas memorias sobre el fuego que presentaron, sin éxito, a los premios que anualmente convocaba la Academia de Ciencias de París. El fracaso les lleva a la conclusión de que su oposición a los torbellinos determinó el veredicto. Al menos así lo expresaría Mme. Chatêlet: «Esto se convierte en un *affaire* de partido» (Best. D 1548). Y, de hecho, no era descabellada tal hipótesis, pues son conocidas las agrias disputas que había provocado por entonces en la Academia la polémica que sobre la figura de la tierra enfrentaba en el continente a newtonianos y cartesianos.[19] Aunque newtonianos convencidos, su inicial militancia partidista evolucionaría por caminos diferentes; mientras Voltaire se autoconcebiría apóstol de la nueva «religión», Emilie lamentaría la actitud prepositivista del grupo de contendientes más sensible a la tradición inglesa y holandesa. Diferencias que no tardaron en hacerse públicas cuando, ya muy avanzada la elaboración de los *Elementos*, Mme. Chatêlet concibió el proyecto de sus *Institutions de physique* (1740). El 5 de agosto de 1736 Voltaire anunciaba que pronto tendría concluido un *Essai sur la Philosophie de Newton*. El mismo día escribe a Cideville (Best. D 1122): «Téngame en cuenta porque estoy entre Newton y Emilie». Y, en efecto, era su amante quien dirigía los estudios científicos que ambos proseguían, de ahí que en septiembre anunciase a su amigo Nicolas Clarde Thiériot la inmediata conclusión de un texto sobre «filosofía emiliana» (Best. D1158). Finalmente, el 29 de diciembre, estando Voltaire en Leyden, Mme. Chatêlet notificaba a D'Argental que los *Elementos* ya estaban en prensa (Best. D 1239). Este parece ser el objetivo primordial del ya citado viaje, pues quería asegurarse de una impresión correcta por el editor Ledet. No hay duda de que la colaboración entre ambos fue muy intensa, tanto que el propio Voltaire escribía a Federico II para explicarle la gestación del libro: «Minerva dictaba y yo escribía» (Best. D 1255). Emilie lo inspiraba, pero, al mismo tiempo, su libro newtoniano dictado por la diosa de la sabiduría contendría, en consecuencia, verdades que Leibniz, y ahora su epígono Wolff, no cesaba de discutir.

Este lenguaje no ocultaba una realidad que le enfrentaba a Mme. Chatêlet y también al príncipe ilustrado. Ambos, aceptando la ley de caída inversamente proporcional al cuadrado de las distancias, tenían dudas respecto al principio de atracción universal y, sobre todo, cuestionaban las implicaciones metafísicas del pensamiento newtoniano. Mme. Chatêlet estaba convencida de la necesidad de dar un sentido finalista a sus preocupaciones físicas y, en consecuencia, no concebía una ciencia construida sin un sólido soporte metafísico. Muy influida por Wolff, hizo una lectura de los textos de la polémica Leibniz-Clarke muy diferente a la de Voltaire. No sólo tomó partido a favor de los leibnizianos en la cuestión sobre las fuerzas vivas o empleó con convicción la terminología asociada al principio de razón suficiente, sino que el proyecto de las *Institutions*, maduro ya en 1738, tenía por objeto justificar filosóficamente la ciencia newtoniana y probar, en la práctica, la grave pérdida de sentido que tenía el trabajo científico cuando se renunciaba *a priori* a formular hipótesis.[20] Así se explica por qué su libro se abría, antes de abordar las teorías físicas, con una larga introducción sobre las propiedades de la materia, el papel de las hipótesis, la función de Dios en el universo, la posibilidad de ser libres en un mundo mecánico y otros graves problemas metafísicos.[21] Las discusiones habidas entre ellos a propósito de tan sustanciales diferencias, condujeron a Voltaire a la redacción de la *Metaphysique de Newton* (Amsterdam, 1740) a partir de su precedente *Traité de Metaphysique*. Mme. Chatêlet, por su parte, contrató los servicios del wolffiano König, quien fue su maestro entre 1739 y enero de 1740, meses decisivos, en los que su tendencia al orden y su mayor apego a la seguridad le comprometen definitivamente con un leibnizismo matizado que, no obstante, la distanciará primero intelectual, y después afectivamente de Voltaire. Así se explicarían algunos pasajes donde sus afirmaciones podrían calificarse como dogmáticas: «El razonamiento de M. Leibniz contra el espacio absoluto no tiene réplica y estamos obligados a abandonar tal espacio si no se quiere renunciar al privilegio de la razón suficiente, es decir al fundamento de toda verdad».[22] Tal declaración, en efecto, estaba en las antípodas del pensamiento de su compañero, quien tras leer la traducción manuscrita parcial, del *Vernünftige Gedanken von Golt, der Welt, und der Seele des Menschens auch allen Dingen überhaupt*, realizada por el propio Federico, no dudó en calificar el pensamiento de Wolff de especulativo y peligroso para su salud mental.[23] En fin, no continuaremos profundizando en las

marcadas diferencias existentes entre los proyectos intelectuales de Voltaire y Mme. Chatêlet.

La publicación de los *Elementos* fue seguida de un gran éxito. Al contrario que el *Discours* de Maupertuis, del que según parece sólo se vendieron 200 ejemplares, la obra de Voltaire tuvo cuatro ediciones en el mismo año de 1738; una de ellas en Londres, traducida por J. Hanna, dos en Amsterdam (Ledet) y otra clandestina en París por Prault. Los debates en la Academia de Ciencias de París y el impacto social que tuvieron las expediciones geodésicas dirigidas por Maupertuis y Godin a Laponia y Quito respectivamente, habían caldeado el ambiente, creando una demanda estimable de textos de difusión del newtonianismo. La personalidad del autor en este caso, sin duda, también fue decisiva; los más ardientes defensores de la ortodoxia cartesiana y religiosa presionaban para que no se autorizase su impresión en Francia , de ahí que Voltaire se anticipara negociando con Ledet la primera impresión en Amsterdam. En mayo, difundida ya la edición «correcta», se dispone Voltaire a capitalizar el impacto modernizador de su obra y a reclamar la prioridad que, a su juicio, le correspondía como primer difusor de Newton en Francia: «Después de todo -escribe a Thiériot el día 23- soy el primero en Francia que ha desenredado estas materias y me atrevo a decir que el primero en Europa, porque s'Gravesande sólo habló a los matemáticos y Pemberton a veces oscureció a Newton» (Best. D1531). Pese al tono petulante de que hace gala, no le faltaba razón al atribuirse tanto mérito, pues aunque cosechó críticas muy severas, también pudo leer en la prensa elogios sin paliativos. Incluso los jesuitas de Memoires de Trévoux reconocieron el triunfo de su antiguo alumno: «Todo lo difícil, todo lo indescifrable que parecía Newton, helo aquí, sin embargo, a nuestro alcance o casi... Nada más aparecer los nuevos elementos, se los ha visto en las manos de todo París, y en toda clase de manos. A nadie detiene el precio. Se los llevan, los arrancan. Todos quieren leer al menos un capítulo, hojear los títulos, devorar el libro con los ojos... M. de Voltaire, en fin, habla y en seguida Newton es entendido o está en la vía de serlo: el todo París resuena con Newton, todo París parlotea de Newton, todo París estudia y aprende a Newton».[24] La *Bibliothèque françoise* (28, 257-89), el *Journal des Sçavans* (septiembre, pp. 1618-1642) y *Le Pour et le Contre* (15, Nº 222) del abad Prévost también imprimieron valoraciones positivas.

Mas no todo fueron aplausos; la primera edición de Amsterdam apareció con numerosos errores de imprenta, además de incluir añadidos que no fueron autorizados por Voltaire, lo que provocó no pocas mofas y proporcionó argumento a sus enemigos para trivializar el contenido de los *Elementos*. Entre los adversarios, N. Regnault y Jean Banières no se conformaron con expresar las críticas más fáciles, sino que, desde un cartesianismo cerrado, realizaron una revisión más amplia y global. Barnières optó por defender a Descartes revisando minuciosamente la parte 2ª de óptica de los *Elementos* y reproduciendo la vieja imputación de cualidad oculta que se atribuía al fenómeno de la atracción. Este fue también el tema principal abordado por Regnault, quien asimismo cuestionaba el supuesto carácter divulgativo de la obra. Sobre todo denunciaba la tendencia de Voltaire a traicionar, por la vía de la radicalización, el pensamiento de Newton: «M. Newton sólo habla de la atracción como una causa desconocida y posible; M. de Voltaire concluye en todas las páginas que la atracción es una causa real y existente».[25] En fin, la citada crítica, tras lo mucho que ya había escrito sobre el asunto, tenía, además de un carácter testimonial, tanta carga ideológica que la polémica caminaba aceleradamente hacia su bizantinización. De hecho, la siguiente generación de enciclopedistas, como explicó D'Alembert, tendió a considerarla en su etapa terminal como una disputa terminológica que no podía cuestionar el *hecho* mismo de la gravitación. Voltaire en la respuesta a sus críticos aclaraba que nunca dijo que la atracción fuese *esencial* a los cuerpos, sino solamente *inherente*, lo que obviamente, no dejaba satisfechos a sus oponentes.[26]

Hubo un tema en el que coincidieron todas las críticas hostiles: el antipatriotismo de Voltaire, su pose irreverente hacia la cultura francesa, su actitud extranjerizante. No faltaron tampoco quienes pensaron que temas tan serios no podían divulgarse, reprochándole la expresión «mise à la portée de tout le monde» que figuraba, sin su consentimiento, en el título de la primera edición de Amsterdam. Respecto a estas dos cuestiones, la respuesta de Voltaire fue todo lo brillante que esperaban sus admiradores y, con su penetrante estilo característico, no dudó en ridiculizarlos reivindicando tanto la universalidad del progreso científico, como la necesidad de extender su luz a sectores más amplios de población. La virulencia de los ataques de que fue víctima son prueba de la fortaleza de sus enemigos o, tal vez, expresión de los últimos coletazos de un

cartesianismo en regresión, todavía atrincherado en poderosas instituciones. Todo ello exigió una larga dedicación de Voltaire a redactar réplicas y, sobre todo, múltiples cartas en defensa del newtonianismo.[27] Paralelamente su fama se extendía y algunas academias, al nombrarlo miembro honorario, le reconocieron su calidad de *savant*, su pertenencia a la élite científica europea. Entre las más de veinte academias de varios países que lo acogieron, el nombramiento como *fellow* de la Royal Society saciaba sus ambiciones a este respecto. La carta de agradecimiento que remitió al secretario Martín Folkes el 25 de noviembre de 1743 era muy expresiva: «Uno de mis deseos más fuertes era ser acogido en Inglaterra; la Royal Society, impulsada por vos me ha concedido el honor de la mejor carta de naturalización. Mis primeros maestros en vuestro libre e ilustrado país, fueron Shakespeare, Adisson, Dryden, Pope; después he dado algunos pasos en el templo de la filosofía hacia el altar de Newton. Fui bastante valiente como para introducir en Francia alguno de sus descubrimientos; mas no sólo era un confeso a esta fe, sino que fui mártir» (Best. D2890). Con independencia de si había exageración en sus palabras, merece ser notada la diferente función social del newtonianismo en la Europa del momento. Mientras en Inglaterra contribuye a consolidar una ideología conservadora y en Holanda, a través de los manuales universitarios y experimentales de Leyden, refuerza un ideal utilitarista, en Francia, por el contrario, tiene una componente subversiva y desestabilizadora de las estructuras del barroco que, salvando las diferencias, también se dio en Italia o en el mundo hispánico.[28]

LAS VICISITUDES DEL TEXTO

Descifrando la forma y las claves teóricas del discurso anticartesiano, se comprenderá que nos encontramos efectivamente ante una «obra de combate» que contribuyó a minar la autoridad de la ciencia entonces dominante en las instituciones francesas. Tanto más influyente por cuanto Voltaire aborda en ella los principales problemas físicos y metafísicos de la filosofía de Newton en un lenguaje que, por directo y sencillo, era inusual en la época.

Las características de claridad y de concisión de estilo con que se elaboró el primer manual francés de vulgarización de Newton, han sido muy encomiadas por los historiadores. Nadie las celebró mejor que

Condorcet en una carta a La Harpe de junio de 1774 (Best. D18991). Como en otros lugares, expondrá allí su opinión sobre los *Elementos* en la doble perspectiva de si su contenido era pertinente a la teoría expuesta, y en tanto que manual que cumplía un rol cultural preciso en la sociedad de la época: «(Los *Elementos*) son todavía el único libro a través del cual aquellas personas que no han cultivado las ciencias pueden adquirir nociones simples y precisas relativas al sistema del mundo, y acerca de la teoría de la luz... Cuando M. de Voltaire publicó esta obra, Jean Bernoulli, el más importante matemático de Europa, aún se oponía al newtonianismo; más de la mitad de la Académie des Sciences era cartesiana; incluso Fontenelle, tan por encima de todo sectarismo y prejuicio nacional, contando con menos de treinta años cuando se publicó el sistema de Newton, y siendo de los pocos con capacidad para entenderlo, permaneció aferrado obstinadamente a su opinión original. Si a todo lo anterior se agrega el hecho de que el primer texto francés de enseñanza de las teorías de Newton sólo aparecería treinta años después del libro de M. de Voltaire, estaremos de acuerdo con que tuvo mucho mérito la publicación en 1738 de lo que nuestro ilustre maestro llama con tanta modestia su pequeño catecismo de gravitación»[29] Pieza ejemplar de vulgarización de la nueva física, los *Elementos* darían a su autor el prestigio de aparecer, como afirma Cohen, en el triunvirato de estudiosos de esta ciencia que junto a Pemberton y Maclaurin supieron comunicar de una manera magistral esos saberes a los lectores corrientes.[30] Naturalmente ello no podría haber sido posible sin una comprensión entonces excepcional de la filosofía newtoniana. La vocación pedagógica del escritor profesional estuvo respaldada en el caso de Voltaire por una verdadera voluntad de saber del neófito en las ciencias naturales. «Mi principal objetivo en la investigación que voy a emprender, es darme a mí mismo y tal vez a algunos lectores, ideas precisas de las leyes primitivas de la naturaleza que Newton ha descubierto».[31]

Como ya hemos advertido antes, la realización más que satisfactoria de este propósito fue la conclusión de un arduo proceso de reeducación que sostuvo Voltaire junto a Mme. Chatêlet, Maupertuis y Clairaut, con quienes mantuvo relaciones intelectuales privilegiadas. El afán de Voltaire por lograr una exposición tan completa y clara como estaba a su alcance sobre los fundamentos de la filosofía de Newton y de su sistema del mundo, se evidencia en la trayectoria seguida por el libro en sus distintas versiones

publicadas. Obviamente la empresa tenía un límite. Si el propósito de Voltaire era proporcionar a los lectores una explicación clara de los descubrimientos de Newton, con el paso de los años el público demandaría una obra de divulgación de mayor nivel que el alcanzado en su tratado de 1738. Así, las posteriores ediciones contendrán correcciones y retoques, ampliaciones en cuestiones puntuales o supresión de apartados completos. A partir de la edición de 1756, Voltaire termina por rendirse a la evidencia: «...es necesario conformarse a los tiempos. Cuanto más ilustrados han llegado a ser los hombres, menos necesario es escribir».[32]

La lectura de su correspondencia permite establecer que el manuscrito de los *Elementos* estaba concluido a fines de octubre de 1736.[33] En diciembre del mismo año, Voltaire abandona durante algunas semanas la mansión de Cirey y busca refugio en Holanda, tratando de evadir las dificultades que le podría ocasionar la circulación de su poema *Le Mondain*. Un testigo de excepción de aquella visita, J.N.S. Allamand, biógrafo y editor de sus obras, relató las incidencias del viaje y las opiniones de s'Gravesande sobre los *Elementos*: «Antes de publicar su libro, Voltaire tuvo la modestia de desear que s'Gravesande lo revisara. Con este fin viajó a Leyden en donde le leyó algunos capítulos y frecuentó al mismo tiempo sus cursos con alguna asiduidad. Pero tras una estadía muy corta en esta ciudad, obligado a atender otros asuntos en el extranjero, sometió su manuscrito a los libreros de Amsterdam y partió súbitamente de retorno a Francia, sin haber tenido tiempo de que s'Gravesande le proporcionase la ayuda que de él esperaba. Este admiraba la facilidad con la que Voltaire expresaba las cosas, sin apenas requerir los ornamentos de la lengua, y lamentó que su obra apareciese desfigurada por un gran número de faltas que obligaron al Autor a ofrecer una edición corregida en París. Así, pues, todo el provecho obtenido por Voltaire de su viaje a Leyden fue haber conocido a s'Gravesande, por quien conservó un aprecio que le honraba.».[34]

En efecto, el *Avertissement* de la edición de Beuchot[35] recuerda que cuando Voltaire partió de Holanda entregó el manuscrito sin corregir ni terminar al impresor Ledet, quien lo hizo «completar» por un matemático holandés desconocido y que, por supuesto, no era s'Gravesande. La obra apareció publicada en Amsterdam con veinticinco capítulos y fecha de abril de 1738. Portaba un subtítulo que, a juicio de Voltaire, desnaturalizaba su proyecto de difusión: «Elementos de la filosofía de Newton, dispuestos

al alcance de todo el mundo». Si bien Voltaire había tratado «de colocar los *Elementos* al alcance de quienes conocen a Newton y su filosofía apenas por el nombre»,[36] el libro no dispensaba a nadie del esfuerzo necesario para, a juicio de su autor, descender al abismo donde se encontraban las verdades de la filosofía de Newton.

Varios meses más tarde y con muchas dificultades, Voltaire logra del Canciller Aguesseau el privilegio para la edición francesa de su libro, a condición de que figurase publicado en Londres. Comparada con la holandesa, la nueva edición estaba precedida de unos *Eclaircissements* y contenía un capítulo adicional, el XXVI, sobre el flujo y el reflujo de las mareas. Estos agregados aparecieron también en los ejemplares restantes de la edición de Amsterdam. En 1741 Voltaire hizo otra edición completa revisada en París (aunque apareció publicada por Prault en Londres), en la que los *Elementos* adquieren su estructura actual de tres partes. La primera, sobre metafísica, corresponde al opúsculo *Metafísica de Newton, o paralelo de los sentimientos metafísicos de Newton y Leibniz* (Amsterdam, 1740), texto reelaborado a partir del manuscrito inédito, con tres redacciones sucesivas, del «Tratado de Metafísica», siendo la primera de 1734. La segunda y tercera parte de los *Elementos* estaban compuestas de catorce y dieciséis capítulos respectivamente, y conformaban el texto sobre óptica y teoría de la gravitación de la edición holandesa, exceptuando las modificaciones espurias que Voltaire agregó.

En dos de las ediciones posteriores de sus *Obras*, la de Walter de 1748 y la de Cramer de 1756, Voltaire suprimió algunos capítulos del texto de 1741. Con algunas diferencias, en las *Obras* publicadas en el siglo pasado se hizo costumbre reproducir el texto de la edición de 1748 agregando los capítulos suprimidos. Es el caso de los volúmenes de Física en las *Obras* preparadas por Beuchot (1830) y Moland (1879) que hemos consultado en la elaboración de la presente Introducción y de las Notas. La edición de las *Obras Completas* a cargo de Kehl (1784- 1789), una de las más utilizadas, reproduce el texto de los *Elementos* en la «nueva edición» publicada por Prault en 1745. Esta es la versión que tuvimos a mano para realizar la traducción castellana que aquí se ofrece.

Si descontamos los capítulos de las *Cartas filosóficas* relativos a Newton[37], y las numerosas cartas, aclaraciones y respuestas suyas dentro de la polémica que suscitó la publicación de los *Elementos*, los otros trabajos de Voltaire que usualmente se incluyen entre sus obras de

«Física» son los siguientes: «Ensayo sobre la naturaleza del fuego y sobre su propagación» y «Dudas sobre la medida de las fuerzas motrices y sobre su naturaleza» (1741); una reseña de la memoria de Mme. du Chatêlet sobre el fuego, «Memoria sobre la obra de física de la Señora Marquesa du Chatêlet» (1739), y un largo comentario sobre su libro acerca de Leibniz, «Exposición del libro Instituciones físicas» (1740); y sus manuscritos sobre historia natural: «Relación sobre un Moro blanco conducido de Africa a París en 1744», «Disertación... sobre los cambios ocurridos en nuestro globo, y sobre las pretendidas petrificaciones que los testimonian» (fue en este ensayo, enviado a la Academia de Bolonia en 1746, donde Voltaire expuso la opinión de que era más probable que los fósiles encontrados en los Alpes hubieran sido abandonados por viajeros, que el resultado de cambios profundos ocurridos en el orden de la naturaleza), y «Los caracoles del Reverendo Padre l'Escarbotier...» (1768). Voltaire reprodujo una gran parte del capítulo IX, Parte III, de los *Elementos* en el artículo «Figura de la tierra», en sus *Cuestiones sobre la Enciclopedia* (1770), aprovechando la ocasión para hacer varias correcciones.[38]

METAFÍSICA DE NEWTON

La primera parte de los *Elementos* es, como se ha dicho, la versión final de una serie de manuscritos sobre metafísica que Voltaire elaboró entre 1734 y 1739. El *Tratado de Metafísica*, obra publicada póstumamente por los editores de Kehl, está escrito en un estilo inusualmente abstracto; su contenido recogía, casi en la forma de un inventario personal, sus ideas básicas acerca de Dios, los sentidos, el alma, la materia, la libertad humana y la ley natural. Siendo clara la influencia de autores como Hobbes, Clarke, Collins, Mandeville, Descartes, Bayle, Malebranche y, por supuesto, de Newton y Leibniz, no hay duda de que fue Locke el principal inspirador de sus ideas metafísicas. De hecho, el *Ensayo sobre el entendimiento humano*, constituyó para Voltaire una especie de catecismo donde se abordaban todos los temas que le obsesionaban. Sabemos que en junio de 1724, Bolingbroke llamó su atención sobre los vicios de la metafísica de Descartes y Malebranche, sugiriéndole que formase su gusto filosófico en la obra de Newton y en las «verdades prodigiosamente fértiles» del *Ensayo*. Hasta entonces puede afirmarse que la formación filosófica de Voltaire era inexistente y que incluso, antes de su viaje a Inglaterra,

mantuvo reservas frente al sensualismo inglés. Hay que recordar así mismo que Voltaire volvió a estudiar a Locke a finales de 1732, antes de la primera redacción del *Tratado* en 1734, a propósito de la preparación de la carta tercera «Sobre el Señor Locke».[39]

Como queda claro en su largo título, la parte primera de los *Elementos* está consagrada a probar que la metafísica de Newton es superior, salvo en algunos puntos de matiz, a las opiniones de Leibniz. El *Avant-propos* de la edición de 1741 está dedicado a Mme. du Chatêlet, a quien sitúa entre el «pequeño número de talentos ilustrados que... son jueces en estas materias». De esta manera otorga Voltaire a su amiga público reconocimiento por su contribución decisiva en el proceso de elaboración del *Tratado*, si bien desde posiciones filosóficas distintas a las suyas. De ahí que a continuación aclare que sus *Elementos* abordarán «tanto las opiniones que vos (Mme. du Chatêlet) admitís, como las que combatís». A este enfoque comparativo permanecerá fiel en todas las cuestiones de metafísica; por ejemplo, en el capítulo sobre el alma, al resumir las ideas de Newton, Locke y Clarke, Voltaire se siente obligado a «exponer con claridad las hipótesis del famoso Leibniz tanto más respetables para mí desde que vos (Mme. du Chatêlet) las habéis hecho objeto de vuestras investigaciones».[40]

En la dedicatoria de 1741 que venimos citando, explica Voltaire por qué a diferencia de lo que hizo en las ediciones de 1738, introduce la primera parte de metafísica. No pretende satisfacer la curiosidad del público mediante la relación de vanas anécdotas sobre los descubrimientos de hombres extraordinarios; explicar la manera de pensar de Newton en metafísica es útil incluso para quienes no alcanzan a entender su física, pues «es de suponer que quien descubrió tantas verdades admirables en el mundo sensible no habría estado muy descarriado en el mundo intelectual». Como afirma Wade, la capitulación de Voltaire ante el método newtoniano es total, al punto de considerar que éste deslumbrante genio científico no podía haber fracasado al enfrentarse a las cuestiones abstractas de la metafísica. Así, su interés por estas cuestiones, condicionado por las discusiones con Emilie y derivado de su creciente aprecio por la física del «divino Newton», es sobre todo metodológico. Está convencido, tras su estudio de la óptica y la mecánica celeste newtonianas, que hay un estilo, un método riguroso de abordar cualquier asunto que debe aprenderse en la obra de Newton.

En 1737 escribía a Federico de Prusia explicándole su visión de la metafísica: «Toda la metafísica a mi entender contiene dos cosas; la primera, lo que saben todos los hombres sensatos; la segunda, lo que nunca sabrán» (Best. D1320).[41] Obviamente, aquello de lo que puede saberse algo son muy pocas cosas y, como dejó dicho en multitud de escritos posteriores, todas se refieren a cuestiones de moral. Hay, pues, en Voltaire una reducción de la metafísica a la moral; precisamente los escasos «hechos metafísicos» que todo el mundo conoce son los que se refieren a la *relación* de los hombres con Dios, con la sociedad y con la naturaleza.[42] Como para muchos hombres de ciencia del período, especialmente entre los newtonianos, Voltaire pensaba que de una Filosofía Natural clara, geométrica y simple, podrían derivarse los principios morales sobre los que erigir una religión natural. De ahí su confianza en que tarde o temprano la razón terminaría por imponer a los hombres una conducta social acorde con el principio del bien común.[43]

No hay para Voltaire una prueba concluyente de la existencia de Dios; no obstante se manifiesta sensible a los argumentos finalistas y a los basados en la prueba cosmológica. El «más bello argumento», como él mismo escribiera, era el orden admirable que reina en el mundo, según la célebre expresión recogida en el versículo de David: *Coeli enarrant glorian Dei*. Siguiendo a Newton, explicará en el capítulo I «Sobre Dios» que lo más sensato es creer que las relaciones causales mediante las cuales se expresan los fenómenos de la naturaleza son «obra de un artesano infinitamente hábil». Pero este Dios ya no será el Geómetra sublime y ajeno al devenir del mundo, imaginado por Descartes, sino un verdadero dueño del universo, el Señor Dios, el dios de Israel «que dura desde la eternidad a la eternidad y que está presente desde lo infinito hasta lo infinito». Clarke acusó a Leibniz de presentar un *Dios de la fatalidad*, mientras que éste recriminaba a los newtonianos haber concebido un *Dios caprichoso* capaz de actuar a su antojo, sin razón suficiente. Se da en Voltaire, sin embargo, una voluntad de libertad individual que le aparta tanto de Leibniz y Descartes, como de Newton y Clarke. Más próximo a éstos, se muestra confuso en las páginas que dedica a tratar la compatibilidad entre la libertad individual y la presciencia divina. Separándose de Clarke, adopta la terminología, actualizada por Collins, que discrimina entre libertad de indiferencia y libertad de espontaneidad; mas del atolladero en que se sumerge saldrá sumándose a la opinión de Locke de que el hombre es libre

cuando puede hacer lo que desea. Queda en pie la cuestión de si una actuación regulada por el examen minucioso de las circunstancias, acorde con las leyes naturales, y por tanto racionalmente condicionada, puede ser considerada libre. En este punto opta por una solución pragmática, abandonando la jerga metafísica de los antiguos y las concepciones vacías acerca de la sustancia.[44]

En el siguiente capítulo, tras expresar sus dudas acerca del tratamiento dado al tema de la libertad, aborda la cuestión fundamental de la ley natural. Leibniz acusó a Newton de haber destruido tal noción física al permitir que Dios crease un mundo imperfecto que, a través del *sensorium*, era continuamente corregido. Voltaire trata de defender a Newton, aunque se muestra confuso ante el escollo planteado por Leibniz sobre la regularidad del mundo natural, pues si no estaba asegurada la constancia y universalidad de sus leyes quedaba en entredicho la seguridad del mundo moral. En definitiva, se planteaba el problema de la naturaleza de las leyes que debían garantizar una ciencia natural, tanto como una moral natural. Luego, una concepción equivocada en este punto, tendría que traducirse en propuestas erróneas sobre las relaciones del hombre con la religión, la naturaleza y la moral. En último término, Voltaire se inclinará por una visión muy positiva de la noción de ley, entendida como relación causal entre fenómenos, y rechazará la posición leibniziana de que las leyes de la naturaleza, (o mejor, la ley de Dios), están sometidas a un mundo eterno y constante. El correlato de tal posicionamiento era el rechazo a las ideas innatas, es decir a cualquier estructura universal y necesaria que, además de limitar el poder divino, caricaturizase cualquier aspiración de libertad. Contra Locke, quien afirmaba que no existía una noción del bien común a todos los hombres, piensa Voltaire que Dios debe haber depositado en el alma humana una sensibilidad, alguna norma primitiva que nos permite constituirnos en sociedad; aunque no exista una Regla Universal, sí parece haber una Regla de Oro que permite trazar la divisoria que excluye los comportamientos inmorales: «haz lo que quieras que se te hiciese». Y, justamente, la diversidad de formas de organización social apoyadas en sus propios valores culturales y religiosos, como cuentan los viajeros, sería también la mejor prueba de la existencia de una ley general compatible con un principio básico de libertad.[45]

En fin, la interpretación volteriana del sustrato teológico- metafísico de los textos de Newton constituye una idealización muy problemática. Pese

a la admiración que sentía no dejó de manifestar su desconcierto ante algunas cuestiones que le parecían inaprehensibles y enigmáticas.[46] Muchas de las dificultades procedían del desconocimiento de múltiples manuscritos de Newton que, tras los estudios más recientes, demuestran que no era tan newtoniano como Bentley, Pemberton, Clarke o el mismo Voltaire quisieron. Todos ellos proyectaron una imagen estereotipada de Newton, una visión sincrética entre posiciones filosóficas, científicas y teológicas de diversa procedencia, que decantaron un newtonianismo oficial, hoy en discusión.[47]

En el caso concreto de Voltaire, algunas de las opiniones gratuitas que aparentemente atribuye a Newton en la primera parte de los *Elementos* sobre la existencia de Dios, la libertad y la religión natural, se inspiraron en la idea difundida por Clarke sobre la metafísica newtoniana como un cuerpo teórico sistemático y completo. De suyo, como cualquier aficionado al sistema de Newton en las primeras décadas del siglo XVIII, Voltaire no ponía absolutamente en duda que las opiniones de Clarke reflejaban las de Newton en materia religiosa y filosófica. En el *Avant-propos* de los *Elementos* escribe que para exponer los principios de la metafísica de Newton se limitará a trazar fielmente lo que le contaron sus discípulos en Inglaterra, en especial Clarke. Al comienzo del Capítulo I de los *Elementos* informa que durante su estadía en Inglaterra sostuvo conversaciones con Clarke sobre cuestiones teológicas y filosóficas. Al comparar en el siguiente capítulo las opiniones de Leibniz y de Newton (sobre «el espacio y la duración como propiedad de Dios»), Voltaire reconoce que seguirá la exposición de la famosa polémica que sobre esta y otras ideas de la metafísica de Newton, habían sostenido Clarke y Leibniz durante el año 1715-1716.[48]

En todo momento coloca a Clarke por lo menos a la misma altura de Newton, convirtiéndolo en fiel portavoz de sus posiciones en la disputa filosófica. En ocasiones, parece reconocer que el tono mantenido por Clarke en ciertos asuntos podría haber comprometido la necesaria objetividad en el intercambio de argumentos filosóficos. No va más allá. Sin embargo, recordemos por último que, si bien inspiradas en Newton, las ideas expresadas por Clarke son subsidiarias de una polémica apasionada contra Leibniz.[49]

ATRACCIÓN Y FUEGO ELEMENTAL

La segunda parte de los *Elementos* es indudablemente la más importante del proyecto volteriano de difusión de la filosofía. Al concluir su último capítulo se recuerda al lector que esa exposición de los principales resultados sobre la luz y los colores en términos simples fue en su momento novedosa para el público al que estaba dirigida la obra. Sin embargo, recordemos que hacia fines de la década de 1730 estaba maduro el proceso de medio siglo de recepción y aceptación restringida de la *Optica*, obra eminentemente experimental, entre los miembros de la élite científica y, en general, en los medios académicos continentales. Cuando Newton es elegido asociado extranjero de la Académie Royale des Sciences en 1699, año de su reorganización, han transcurrido casi treinta años en los que su prestigio como matemático, experimentalista y constructor de instrumentos, era prácticamente indiscutible en los círculos científicos europeos. Es cierto que el reconocimiento definitivo al filósofo natural sólo empezará a consolidarse en Francia a partir de los trabajos de Maupertuis y Clairaut, de Mme. du Chatêlet y Voltaire. Pero la empresa intelectual desarrollada por estos newtonianos convencidos en pro de la difusión e institucionalización de la mecánica racional, fue antecedida de notables esfuerzos de científicos de las dos generaciones anteriores en su empeño por reconocer al físico experimentalista y profundizar la comprensión de sus teorías. Inclusive con la pretensión de explicar o integrar los resultados de su obra dentro de una cosmovisión cartesiana.[50]

Las primeras investigaciones de Newton sobre la luz y la teoría de los colores despertaron en Francia entusiasmo y admiración entre sus seguidores y críticos, mucho antes de su elección en la Académie. En efecto, tras la publicación de su «New theory about light and colors», aparecida en los *Philosophical Transactions of the Royal Society* en 1672, algunos eruditos franceses, como Huygens o Pardies, conocieron las experiencias y se propusieron analizarlas.[51] Más tarde, el interés se incrementaría con la aparición de las sucesivas ediciones de la *Optica*[52] y los primeros comentarios y discusiones de su contenido debidos a algunos miembros de la comunidad académica; además de los holandeses Desaguliers y s'Gravesande, recordemos entre los franceses a Geoffroy, al oratorio Malebranche, Mairan, Montmort, al caballero de Louville, Varignon y Fontenelle, secretario perpetuo de la Académie.

El *Elogio* que este último pronunció en la sesión del 12 de noviembre de 1727 en memoria de Newton, fue durante años su primera y más relevante biografía intelectual. Allí se consagra oficialmente el reconocimiento a sus experimentos sobre la luz y su teoría de los colores. En adelante, según explicó Fontenelle, la *Optica* sería ante todo «un excelente modelo para proceder en filosofía experimental», una obra donde se encuentra el «modo exacto e insistente» de indagar la naturaleza a través del empleo ingenioso de la geometría; y, finalmente, la exposición de un programa de investigación compuesto de problemas abiertos y de sugerencias para ayudar a quienes se sientan inclinados a proseguir el trabajo que Newton no pudo concluir.[53] Proviniendo del secretario perpetuo de la Academia, quien se caracterizaría como ardiente defensor del sistema cartesiano, sus opiniones contribuyeron a favorecer la introducción, por la vía experimental, de la nueva física en los medios cultivados. Del mismo modo, la autoridad de Fontenelle pesaría en la sucesión de intentos que afloraron en todas partes, tendentes a «salvar» el cartesianismo mediante el expediente de relativizar algunos de los fundamentos teóricos de los *Principia* y de la *Optica*.[54] En efecto, Fontenelle minimizó en su *Elogio* la crítica newtoniana a la teoría de los torbellinos, pretendiendo que la resistencia de los medios fluidos al movimiento de los cuerpos estaba en la obra de Newton al mismo nivel de principio natural que la atracción universal. Igualmente, Fontenelle reactiva el principal reproche formulado por los cartesianos a la mecánica racional: la ausencia de explicación precisa de la causa mecánica de la gravedad y de la acción a distancia. A pesar de que Newton había respondido categóricamente a quienes pretendían convertir la atracción en una «cualidad oculta», el *Elogio* daba nuevo aliento a este tipo de reservas afirmando que «las causas de estas cualidades están sin duda *ocultas*» y que al no poder encontrarlas, Newton habría dejado este problema para que se resolviera en posteriores investigaciones.[55]

Se comprende que los intentos de relativizar el legado de Newton encontraran enconadas respuestas en los medios ingleses. Sobre todo a partir de la traducción al inglés del *Elogio* en 1728. Para Voltaire la lectura del opúsculo parece haber sido tan influyente en su orientación newtoniana, como lo fueron el *View* de Pemberton y el *Discours* de Maupertuis.[56] Mantuvo, sin embargo, una posición muy crítica con respecto a los sutiles intentos de Fontenelle de cuestionar las bases de la física de Newton. Ya

durante su estancia en Inglaterra fue testigo privilegiado de las reacciones que despertó la publicación del *Elogio*, en particular la famosa reseña aparecida en el *Present State of the Republic of Letters* de enero de 1728.

En la decimocuarta de las *Cartas filosóficas* comienza el análisis comparativo de Newton y Descartes refiriéndose precisamente a esta querella: «Aquí han leído con avidez y han traducido al inglés el elogio que el Sr. Fontenelle ha pronunciado del Sr. Newton en la Academia de Ciencias. Se esperaba en Inglaterra el juicio del Sr. Fontenelle como una declaración solemne de la superioridad de la filosofía inglesa; pero, cuando se ha visto que comparaba Descartes a Newton, toda la Sociedad Real de Londres se ha sublevado. Lejos de asentir al juicio, se ha criticado ese discurso. Incluso algunos (y esos no son los más filósofos) se han sentido chocados por esta comparación solamente porque Descartes era francés».[57] Cuando expone los principios de la teoría de la gravitación en la siguiente carta, Voltaire rebate ampliamente las críticas de Fontenelle con los argumentos del mismo Newton, trasladando el reproche sobre las cualidades ocultas a los torbellinos cartesianos. En cuanto a la causa de la atracción, no duda en afirmar que reside en el seno de Dios.[58]

En la decimosexta carta Voltaire formula el programa sobre los principios de las teorías de la luz y los colores que desarrollará años después en la segunda parte de los *Elementos*. Se limita a sustentar en forma positiva los resultados de las experiencias de Newton y a rebatir a Descartes en algunos puntos: naturaleza y propagación de la luz, explicación mecánica de la reflexión y la refracción, causa de los colores de los cuerpos. Para su redacción parece haberse inspirado en el libro tercero del *View* de Pemberton, sin emplear tampoco el tono polémico de las anteriores cartas. Aparentemente no tuvo otra motivación para escribirla que realzar la audacia de las investigaciones ópticas de Newton y colocarlas, junto a su sistema del mundo, por encima de todas las novedades científicas del siglo XVIII. Esta tendencia a magnificar la obra de Newton y a sorprender con la explicación de sus descubrimientos a los espíritus curiosos se mantendrá constante en los *Elementos*, especialmente en la segunda parte de la *Optica*.

Había buenas razones para enfatizar la importancia de la *Optica* en el trabajo de vulgarización de Voltaire. Refiriéndose en el *Elogio* al intento fracasado de Mariotte de repetir en Francia los experimentos de Newton (particularmente el *experimentum crucis*), Fontenelle dejó de mencionar

su decisiva contribución al retardo de varias décadas en la aceptación continental de la teoría de la dispersión de la luz.[59] Voltaire, en cambio, aborda directamente el hecho histórico y sus implicaciones, aprovechándolo para validar ejemplarmente uno de los temas medulares de su proyecto difusor: la lucha contra las tradiciones intelectuales sin fundamento empírico. Se admira de que «varios periódicos y libros posteriores a 1730, se atrevan a negar estas mismas experiencias», ya que, habiendo sido realizadas correctamente por toda Europa, «la verdad salta a la vista».[60]

Como hemos señalado antes, Fontenelle dejaba abierta la puerta en su *Elogio* para que se colaran los reproches de escolasticismo que le llovían todavía a Newton. Voltaire enfrenta claramente la defensa de Newton sobre este punto particular con argumentos más contundentes que los expuestos en las *Cartas*. En la parte de la óptica de los *Elementos* denuncia a quienes por ignorancia o mala fe echan en cara a Newton su supuesta afirmación de que los colores del espectro son cualidades esenciales a los cuerpos. Es gente que no ha leído su libro y que se ha atrevido a escribir contra sus experiencias sin haberlas visto.[61] Con el propósito de desmontar los prejuicios que intoxicaban los círculos ilustrados, Voltaire se decide a comunicar «de una manera sensible a todo el mundo» las «ideas nítidas» sobre los fundamentos newtonianos de la óptica geométrica y la teoría de la luz y de los colores.

En contra de la teoría cartesiana de la transmisión instantánea todavía dominante, expone en el capítulo primero con abundancia de detalles las experiencias de Roemer (1765) para determinar la velocidad de la luz (220000 km/seg.), y las observaciones que permitieron a Bradley (1728) calcular la diferencia entre ésta y la velocidad de la tierra en el curso de su movimiento anual. Demuestra que «la luz efectivamente se mueve». Que no es un éter omnipresente. Que el efecto luminoso no se produce por presión instantánea de los glóbulos de la luz. Tales conclusiones llevarán a Voltaire a discutir ampliamente la teoría cartesiana de las tres clases de elementos constitutivos de la materia, uno de los pilares conceptuales que explicaban la oposición persistente a la teoría de la emisión uniforme y rectilínea de la luz. Cincuenta años después de realizadas las experiencias de Roemer que confirmaban esta teoría, después de que Newton y cartesianos como Huygens y Malebranche hubieran acogido sus resultados, los viejos prejuicios seguían reproduciéndose en los textos de enseñanza y en las publicaciones académicas. Así lo explicaba Voltaire en la edición

de los *Elementos* de 1756, refiriéndose a los ataques que sufrió en 1738: «... la verdad siempre es recibida (con hostilidad) por quienes han sido formados en el error».[62]

Si se compara la estructura de la *Optica* con la de la segunda parte de los *Elementos*, se encuentran grandes diferencias. El proyecto de vulgarización científica de Voltaire está concebido para agitar los medios académicos e ilustrados del momento, y por ello la exposición de la teoría de la luz y de los colores no tenía por qué someterse al programa positivo de la obra de Newton. Este tratado empieza, como se sabe, con ocho definiciones y ocho axiomas relativos a los principios clásicos de la óptica geométrica. Inmediatamente pasa a presentar los resultados teóricos y experimentales más novedosos, según ocho proposiciones encadenadas en un orden lógico. No es ésta la estrategia seguida por Voltaire. Así, por ejemplo,en el tema central del capítulo tercero de los *Elementos*, sobre la causa de la reflexión, que Newton expone en las proposiciones octava y novena del libro segundo, parte tercera, Voltaire no ocultará su interés en utilizar este fenómeno para combatir la filosofía mecanicista, y en particular la tesis de que la reflexión resultaba del impacto de la luz contra las partes sólidas e impenetrables de los cuerpos. A diferencia de Newton, Voltaire denuncia de forma provocadora a los autores de este error y responsables de su generalización. Pone en duda la autoridad filosófica que respaldaba la pervivencia de ideas tan enteramente falsas. En fin, multiplica las experiencias de Newton, mejorando algunas y complementándolas con otras de su propio ingenio, para comprobar que en los cuerpos existe un «poder desconocido» que refleja la luz desde su superficie. Es decir, que la reflexión se produce por una fuerza de acción a distancia que actúa desde la superficie de los cuerpos, si bien ignoramos su causa última.

Cuando en el capítulo séptimo comenta el fenómeno de la refracción y el de la inflexión (difracción), afirma que estas propiedades de la luz reposan sobre leyes que pertenecen a todos los cuerpos de la naturaleza. La fuerza de atracción que actúa entre los cuerpos y la luz se ejerce de acuerdo a una «ley primitiva». Al desviarse de su trayectoria rectilínea, al rayo de luz «le ocurre lo que sucedería a todos los cuerpos tan pequeños como la luz; permaneciendo iguales el resto de cosas».[63] Manifestándose de acuerdo con Newton en este punto, afirma que este descubrimiento le merecerá a su autor la atención de todos los siglos. La luz, continúa, se desvía un poco antes de entrar a la superficie del cuerpo, y cuanto más

entra más se desvía, describiendo una curva insensible. Ello en virtud del principio de continuidad de Leibniz, pues «no es posible que la línea recta se convierta de golpe en otra línea recta sin trazar una pequeña curva».[64]

También comparte Voltaire el punto de vista de Newton de que era posible unificar los diferentes fenómenos de propagación de la luz. Basándose en la experiencia de que los rayos más refrangibles son los que más fácilmente se reflejan, Voltaire concluye: «Hay suficientes evidencias de que la misma ley que hace reflejar la luz es la que la hace refractar».[65] Al exponer las conclusiones de Newton cuando reproduce las experiencias de Grimaldi sobre la inflexión (difracción) de la luz, anota que este nuevo fenómeno aporta una prueba más de la acción de una fuerza ejercida a distancia. Como a Newton en las primeras cinco cuestiones del final de la *Optica*, a Voltaire le parece que abundan las pruebas sensibles de que las distintas propiedades de la luz son producidas por esta acción a distancia de los cuerpos.

Pero Voltaire no cree que exista una estricta analogía entre la propagación de la luz y el movimiento de los cuerpos. La atracción gravitacional entre los planetas y el sol «no actúa jamás de acuerdo a las mismas relaciones que la atracción de los cuerpos pequeños que se tocan. Incluso es posible que sean atracciones de género absolutamente diferente... Que no se crea que la luz es desviada hacia el cristal y en el cristal según la misma relación con que, por ejemplo, Marte es atraído por el Sol».[66] Tales ideas son ampliadas en el capítulo undécimo sobre la acción mutua de los cuerpos sobre la luz. Efectivamente, la teoría de la luz tiene algo de común con la teoría del universo. En uno y en otro caso la experiencia y la geometría nos enseñan que existe una atracción. Pero los efectos de la atracción gravitacional en el sistema del mundo y los de la atracción entre los cuerpos y la luz son diferentes. En la «Carta del autor» que agrega al final de este capítulo en ediciones posteriores ahonda en consideraciones al respecto. Newton sabía muy bien, dice Voltaire, que la luz («el fuego elemental») posee propiedades que no tienen otros elementos: velocidad enorme «que espanta la imaginación», emisión en todas las direcciones y propagación uniforme.[67] Además, «ni siquiera se ha demostrado que los rayos del fuego elemental no se penetren entre sí».

Todas estas circunstancias habrían conducido a Newton, dice Voltaire, a dudar continuamente sobre la naturaleza corpuscular de la luz. En el estilo de las *Cuestiones*, Voltaire expresa francamente las hipótesis

(*dudas*) que tiene sobre un posible estado transitorio en la naturaleza de la luz. Algo que podría estar entre la materia y otro ser que desconocemos, y que sólo en el futuro podríamos llegar a conocer.[68] Unas páginas antes había definido más precisamente su actitud respecto a la indagación de los fenómenos naturales: confianza ilimitada en el poder de la razón y la experiencia para desvelar sus secretos y enriquecer al hombre con nuevos conocimientos.

Tratándose del problema de la naturaleza de la luz, es pertinente examinar la posición que pudo mantener Voltaire con respecto a la teoría newtoniana de los accesos de fácil reflexión o de fácil refracción. En la proposición duodécima del libro segundo, y en la definición siguiente, parte segunda de la *Optica*, Newton explica mediante esta teoría por qué las superficies de los cuerpos transparentes gruesos reflejan parte de la luz que incide sobre ellos y refractan el resto.[69] Esta teoría, como la vemos actualmente, permite considerar ciertas propiedades ondulatorias de carácter alternante y periódico en la propagación de los corpúsculos luminosos. Como lo recuerda Cohen: «el trabajo de Newton se basó en medidas extraordinariamente exactas. Tan es así que cuando Thomas Young ideó (en 1801) una explicación de los anillos de Newton, basada en la revivida teoría ondulatoria de la luz, y en el nuevo principio de interferencia, utilizó los mismos datos de Newton para calcular las longitudes y los números de onda de los principales colores en el espectro visible, y obtuvo resultados muy cercanos a los aceptados en la actualidad».[70] Newton llega incluso a considerar, como hace en la *Cuestión 17*, que esta alternancia por fases de un rayo de luz cuando incide en una superficie podría excitar vibraciones en el medio refractante o reflectante. Estas podrían sobrepasar a los rayos de luz varias veces y ponerlos en accesos de fácil reflexión y refracción, acelerándolos y retardándolos alternativamente.[71] También Voltaire sería sensible a estas especulaciones sobre la transferencia de energía vibratoria de la onda a un medio homogéneo en la edición de 1738 de los *Elementos*: «es necesario confesar que esta hipótesis daría razón de casi todos los misterios de la luz, y sobre todo de la atracción y de la gravitación de los cuerpos».[72]

Sin pretender exagerar la lectura que efectivamente hizo Voltaire de la teoría de los accesos, sospechamos que de ella procede su intuición sobre el estado transitorio de la naturaleza de la luz y las *dudas* que mantuvo al final sobre la pretensión de explicar todas las propiedades recurriendo

solamente a la teoría de la atracción.[73]

La parte de los *Elementos* consagrada a la óptica nos da cuenta, capítulo tras capítulo, de un pensamiento profundamente embebido en concepciones filosóficas y sensualistas. «Tengamos en cuenta que nunca conocemos nada salvo mediante la experiencia». Y la experiencia es, en última instancia, experiencia sensible. Pero como nuestros sentidos son limitados, «la razón suple los sentidos que nos faltan». Hemos visto que durante los años de su formación científica en Cirey, Voltaire realizó numerosas experiencias en el laboratorio de física y química que hizo instalar en una de las galerías del palacio. Saigey narra un episodio que capta bien el entusiasmo experimentalista en esos años de preparación de los *Elementos*: «Habiendo sido informado que s'Gravesande, el célebre profesor de matemáticas a quien conoció en Holanda, acababa de inventar un instrumento llamado heliostato para fijar un rayo de luz, le solicitó inmediatamente el diseño y se apresuró a hacer construir el aparato; se complacía en poder realizar así experiencias de óptica que la movilidad del sol le habría hecho de otra forma muy difíciles. *Desde Josué*, escribía a s'Gravesande, *nadie antes de usted había detenido el sol*».[74]

Los ejemplos y testimonios podrían multiplicarse. Los *Elementos* remiten al lector a múltiples experiencias que son descritas, a un tiempo, con el candor del neófito y el orgullo de quien se considera integrante de una reducida élite europea.

Entre todo el inventario de experiencias hay una que llama la atención, por cuanto nos permite comprender mejor las limitaciones de su talante experimentalista. Voltaire se manifiesta particularmente satisfecho de haber realizado la experiencia de la reflexión total sobre un prisma cuando la luz es «reflejada por el vacío». Detengámonos a considerar el procedimiento: como ya vimos, el capítulo tercero se destina a refutar las interpretaciones cartesianas que explicaban la reflexión de la luz como choque con las partes sólidas de los cuerpos. Frente a un auditorio numeroso, procede a colocar un prisma en una cámara oscura, de tal forma que una de sus caras sea horizontal. Luego hace incidir un rayo luminoso sobre una de las caras laterales con un cierto ángulo mayor al crítico, para que una parte del rayo refractado sufra reflexión total interna y salga al aire por la tercera cara. Utilizando una indicación que supuestamente habría hecho Newton, Voltaire quiere aportar su propia prueba experimental. Se trataba de desterrar la creencia dominante de

que la reflexión interna se produciría al rebotar una parte del rayo en la superficie sólida del aire situada por debajo de la cara horizontal. Según Voltaire, Newton habría sugerido que si se extraía el aire debajo de la cara horizontal del prisma, el rayo se reflejaría totalmente. El ingenioso procedimiento utilizado por Voltaire está orgullosamente descrito en primera persona.[75] Es posible que se haya inspirado, al menos parcialmente, en las experiencias realizadas por Newton con prismas colocados encima de recipientes de donde se extraía el aire con una máquina neumática.[76]

El hecho es que habiendo desarrollado correctamente su experiencia, con el montaje instrumental apropiado, Voltaire interpreta erróneamente las evidencias. Sus conclusiones son contrarias a las indicaciones que Newton dejó planteadas. Utilizando una imagen tan confusa como la de «reflexión por el vacío», que además había dado lugar a falsas polémicas terminológicas, Voltaire radica la causa del fenómeno en un poder de la cara horizontal, que actúa a distancia sobre la luz al no encontrar un poder contrario que neutralice su acción, ya que se ha suprimido el aire al otro lado.[77]

Por su parte, Newton sugiere una interpretación completamente distinta. En la *Cuestión 19*, en donde explica la refracción de la luz por las diferencias de densidad de las partes del éter, supone que la luz se aparta más de aquellas partes más densas del éter como el aire y el vacío, y menos «en el interior de los poros del agua, cristal, vidrio, gemas y otros cuerpos compactos». Lo anterior, dice, se comprueba en el fenómeno de la reflexión total; cuando la luz incide con el ángulo adecuado sobre un prisma, de tal manera que exista reflexión total en las caras internas, este fenómeno «debiera proceder más bien de la densidad y vigor del medio que se halla fuera, más allá del (prisma) que de su debilidad y rareza».[78]

GRAVITACIÓN UNIVERSAL: LA MANZANA Y LA LUNA

Reservando el tratamiento del Sistema del mundo para la última parte de los *Elementos*, podría objetarse a Voltaire que desorienta al lector sobre cuál es la teoría verdaderamente medular de la física newtoniana.[79] Sabemos, sin embargo, que al adelantar temas de óptica, se busca el terreno más propicio para comprometer al lector ilustrado en los principios de la nueva física. Por lo demás, cuando introduce algunos textos claves

sobre la atracción en las dos primeras partes, Voltaire prepara el camino que lo introducirá a desarrollar más adelante los fundamentos y las aplicaciones de esta teoría. Baste recordar, por ejemplo, su entusiasta explicación de fenómenos como la reflexión total a través del prisma, partiendo de la atracción que ejerce el vidrio sobre el rayo luminoso. Así, pues, el énfasis puesto en las «maravillas de la luz» aspiraba a despertar en el lector más perspicaz la impaciencia de avanzar en su conocimiento de «esta nueva potencia a la que nos hemos referido con el nombre de *atracción*, que actúa sobre todos los demás cuerpos más apreciablemente y de distinta forma a como los cuerpos actúan sobre la luz».[80]

Cuando se dispone a penetrar de lleno en el meollo de la teoría de la gravitación («ese gran resorte que mueve toda la naturaleza»),[81] Voltaire sabe que tiene que afrontar la cuestión de la filosofía newtoniana que despertaba mayor inquietud y admiración. ¿Cómo explicar esa intuición extraordinaria que permitió a Newton establecer una relación entre el fenómeno, entonces muy reconocido, de la caída de los cuerpos cerca de la superficie terrestre, y la órbita descrita por la Luna en su movimiento de rotación?

El capítulo tercero sobre la historia del descubrimiento de la gravitación comienza con la mítica anécdota de Newton y la manzana, según la cual la primera idea de su ley le sobrevino cuando en su retiro campestre de 1666, cerca de Cambridge, paseaba por su jardín meditando y fue sobresaltado por la súbita caída de una manzana de un árbol.[82] Posteriormente se trata el test de la Luna, objeto de tantas discusiones históricas, consistente en la comparación de la distancia de caída de la Luna en un minuto desde su órbita hacia el centro de la Tierra, con la caída en el mismo tiempo de un cuerpo sobre la superficie de nuestro planeta.

En la proposición 4 del libro III de los *Principia*, Newton muestra que para mantenerse en su órbita alrededor de la Tierra, la Luna cae a lo largo de su trayectoria inercial rectilínea una distancia de 15 1/2 pies de París en un minuto.[83] Suponiendo que la Luna quedara un instante desprovista de su movimiento, entonces descendería hacia la Tierra «con el impulso de toda aquella fuerza que la retiene en su orbe». El descenso en un minuto puede considerarse como producido en el mismo tiempo por el movimiento inercial normal. Asume Newton que el movimiento hacia la Tierra se debe a la fuerza de gravedad que varía con el inverso del cuadrado de la distancia. En la superficie de la Tierra la intensidad de esta fuerza

aumentaría en un factor 60x60 con respecto a la intensidad de la órbita de la Luna (Newton considera que el radio promedio de tal órbita es 60 veces el radio terrestre). Luego, «un cuerpo que cayera con dicha fuerza debería describir 60 x 60 x 15 ½ pies de París en el transcurso de un minuto de tiempo», o 15 ½ de dichos pies en un segundo. Pero, tras los experimentos de Huygens con el péndulo horario en la latitud de París, se sabía que ésta era precisamente la distancia recorrida por un cuerpo que cae en la superficie de la Tierra. De lo cual concluye que «la fuerza por la que la Luna es retenida en su órbita es, en la misma superficie de la Tierra, igual a la fuerza de la gravedad que observamos aquí en los cuerpos pesados». En una palabra, Newton obtuvo con esta prueba o test de la Luna una evidencia teórica de la gravitación universal. Demostró que al proyectar la gravedad terrestre hasta la Luna, con un factor adecuado de disminución en proporción inversa del cuadrado de la distancia, se obtendría la misma fuerza centrípeta que la mantiene en su órbita alrededor de la Tierra.

Esta es *grosso modo* la esencia de la explicación que de este problema se encuentra en el *View* de Pemberton, en el *Discours* de Maupertuis y en los *Elementos* de Voltaire.[84] En comparación con las dos primeras, se observa en la última un énfasis explicativo en el cálculo newtoniano de la caída de la Luna. Cuando en la proposición 4 del libro III Newton introduce el valor de 15 ½ pies de París, remite para los detalles del cálculo a una proposición y a un corolario formulados anteriormente en el libro I. Voltaire muestra el interés que en los primeros años le mereció este asunto, dando algunas pautas sobre el modo de obtener dicho valor. Dada la importancia que tuvo esta cuestión particular para su definitiva aceptación (mas no total comprensión) de la teoría de la gravitación, hemos creído conveniente recordar las principales dificultades que hoy sabemos enfrentó Voltaire para llegar a un conocimiento del test de la Luna como el demostrado en los *Elementos*.

Aparentemente, fue a partir de la obra de Pemberton y no de los *Principia* cuando se le presentó a Voltaire el problema de medir la distancia de caída de la Luna. En el libro II supone Pemberton que, determinada solamente por su movimiento inercial rectilíneo, empezando en el punto B de su órbita, la Luna recorrerá la distancia BE en un minuto. La acción de la fuerza centrípeta la hará caer al final de ese tiempo de E a F. Basándose en la proposición XXXVI de los *Principia*, afirma que como el

área del triángulo BEA es igual al área del sector circular BFA, da lo mismo que la Luna vaya en un minuto de B a E que de E a F. Como el tiempo para recorrer el arco BF es tan pequeño (1 minuto), comparado con el periodo de la órbita, la distancia EF, según Pemberton, es aproximadamente igual a la distancia BO que recorrería la Luna en su caída libre hacia la Tierra.

Al igual que Newton, Pemberton sólo sugiere que el cálculo de esta distancia (a la que asigna un valor de *16⅛* pies) debería derivarse de las medidas del radio promedio (BA = 60 radios terrestres) y del periodo de la órbita de la Luna (T = 27 días, 7 horas y 43 minutos). A ese valor se llega efectivamente, teniendo en cuenta, en primer lugar, que el arco BF es igual a *(2#)(BA)/T*.

Además, la caída BD se calcula inmediatamente por la fórmula del corolario III a la proposición IV del libro I de los *Principia*, siempre y cuando se mantengan invariables las condiciones antes enunciadas *BD = (arcBF) / 2(BA)*. Este procedimiento permitía calcular el dato aproximado de 15 pies de París en un minuto al que se referían implícitamente Pemberton, Fontenelle, Maupertuis y Voltaire.[85] Es lógico comprender que quienes como Voltaire ya concebían el test de la Luna como criterio fundamental para la teoría de la gravitación, pusieran tanto celo en el cálculo de la distancia de caída. En los *Elementos* afirma lo siguiente: «...para asegurarse de que es idéntica la causa que retiene los planetas en sus órbitas, y que aquí hace caer los cuerpos graves, sólo se requieren medidas». Explicando en qué consiste la prueba de la Luna, afirma a continuación que ésta no es una hipótesis accesoria del sistema del mundo newtoniano, y de ahí la necesidad de prestar la mayor atención a los cálculos y medidas.

En el otoño de 1732 Voltaire encuentra dificultades para entender el procedimiento en virtud del cual se obtiene la distancia de la caída de la Luna. Se ha conjeturado que ello ocurrió cuando preparaba algún texto divulgativo del sistema de la atracción (posiblemente un borrador de la decimoquinta carta). El 30 de octubre le envía a Maupertuis (Best. D533) una «pequeña memoria», acompañada de sus «dudas» sobre «el gran principio de la atracción del Sr. Newton».[86] La incertidumbre que le producía no entender el procedimiento para calcular la caída de la Luna, le animó a dirigirse a quien se había acreditado en Francia como el mejor conocedor del principio de Newton. Voltaire aspira firmemente a desvelar sus incertidumbres y afianzar sus profundas convicciones en la nueva física: «Espero vuestra respuesta para saber si debo o no creer en la

atracción. Mi fe dependerá de vos, y si soy persuadido de la verdad de ese sistema como lo estoy de vuestros méritos, seré resueltamente el más firme newtoniano del mundo» (Best. D 533).

En el texto que le remite, Voltaire analiza el test de la Luna inspirándose en Pemberton. De acuerdo a la figura anterior, su duda consistía en lo siguiente: «Al caer de E en F es como si (la Luna) cayera de B en D, y si cayera de B en D... sólo recorrería en ese minuto quince pies. Pregunto entonces cómo se demuestra que apenas cae 15 pies... Si no se me muestra que cayendo de B en D la Luna sólo recorre quince pies, no debo ciertamente admitir el sistema del Sr. Newton». No conocemos la carta de respuesta de Maupertuis, pero por la segunda carta (Best. D534) de Voltaire en 3 de noviembre, sabemos que, al menos en aquel momento, sus dudas fueron resueltas satisfactoriamente: «No es posible abstenerse de creer en la gravitación newtoniana; es necesario proscribir la quimera de los torbellinos». Como Maupertuis le anunciara la reciente aparición de su *Discours*, Voltaire le expresa su impaciencia por recibir la obra de quien considera «apóstol del dios del que os hablo». Como vemos, su entusiasmo por Newton en estos años iniciales de su biografía era incondicional, pues sólo podía ser un hombre extraordinario quien había logrado dar una explicación causal del universo, utilizando leyes matemáticas eternas y necesarias: «¿Quién habría pensado hace cincuenta años, continúa en su carta, que el mismo poder produciría el movimiento de los astros y la gravedad?». Con el tiempo no desaparecerá por completo su convicción sobre el perfil casi sobrenatural de la obra de Newton. Cuando en el capítulo VI de la tercera parte de los *Elementos* explica las irregularidades en la órbita lunar como consecuencia de la atracción del Sol, destaca la sagacidad con la cual esclareció Newton las características de una trayectoria que había escapado a todas las indagaciones de los astrónomos. No encuentra nada más adecuado para traducir su admiración que el versículo de la «Oda a I. Newton» que escribiera Edmund Halley : *Nec propiús fas est mortali attingere Divos.*[87]

Sin duda, atreverse a difundir en la década de los treinta una obra tan compleja como la de Newton era un desafío intelectual de gran magnitud. Como lo expresa en su correspondencia con Maupertuis, Voltaire era consciente de que la empresa de apropiarse la filosofía newtoniana iba más allá de sus posibilidades reales: «constato con dolor que toda mi atención, todos mis esfuerzos y todo mi tiempo apenas me bastarán para llegar a ser

un poco instruido...» Esa carta (Best. D534).

Hemos visto que Maupertuis instruyó a Voltaire sobre el procedimiento para calcular la caída de la Luna. Con ello se disiparon las primeras dudas sobre la atracción universal que asediaron a Voltaire, si bien nuestro personaje estaba aún lejos de asimilar la significación teórica del problema. En la carta siguiente (Best. D 535) le escribe a Maupertuis que ha sido asaltado por un «horrible escrúpulo» que ha puesto a vacilar su fe newtoniana. Su incomprensión de la ley de gravitación universal se pone de manifiesto en la creencia de que en todo punto de su trayectoria alrededor de la Tierra, la Luna estaba sometida a la acción balanceada de dos fuerzas, la centrífuga en la dirección del movimiento rectilíneo, y la centrípeta o fuerza de gravitación hacia la Tierra. De ahí el «horrible escrúpulo»: «Esos 15 pies que se cuentan de E a F solamente son el resultado de una parte de la fuerza centrípeta; luego abandonada a sí misma, la Luna caería más allá de 15 pies...» (Best. D 535).

Sabemos que este punto de vista no se corresponde con el planteamiento del test de la Luna que se halla en los *Principia*. Aunque en los años de 1660 Newton pudiese creer en el balanceo de fuerzas centrífugas y centrípetas en una especie de equilibrio, veinte años después su análisis del movimiento orbital es distinto.[88] Es el resultado de la acción continua de sólo la fuerza centrípeta, al desviar a la Luna en todo instante de su trayectoria inercial recta, para hacerla tomar una trayectoria curvilínea.

En la carta (Best. D537) del 15 de noviembre parece que Voltaire ha comprendido las explicaciones que acaba de recibir de Maupertuis al respecto, ya que escribe lo siguiente: «Perdón Señor. Mis tentaciones se fueron al diablo de donde venían. Vuestra primera carta me bautizó en la religión newtoniana, la segunda me ha dado la confirmación. Os agradezco vuestros sacramentos. Quemad os suplico mis ridículas objeciones; son de un infiel. Guardaré para siempre vuestras cartas; son de un gran apóstol de Newton, lumen ad revelationem gentium...»

Las siguientes cartas revelan que Voltaire leyó atentamente el *Discours* de Maupertuis, así como las correcciones de éste a los textos preparatorios de las *Cartas*.[89] Sin embargo, en la carta decimoquinta no se encuentra ninguna mención al tema que tratamos. La explicación que allí aparece del test de la Luna se reduce a la exposición de sus conclusiones de manera positiva, más en la línea del *Discours* que del *View*.[90] Por el contrario, en la edición de los *Elementos* de 1738 la caída de la Luna es presentada

aproximadamente en los mismos términos que Pemberton, según lo hemos discurrido anteriormente. Sin embargo, seis años después de su carta (Best. D537) la posición de Voltaire respecto al balanceo de fuerzas es ambigua. Al principio considera que la Luna está influida en su movimiento orbital por la «fuerza de proyectil» que la empuja en la tangente BE, y por la fuerza central que la hace caer la distancia BD.[91] Páginas después afirma que la fuerza centrípeta es la «verdadera fuerza» que retira a los cuerpos de las tangentes en el instante mismo que comienza el movimiento en esa dirección.[92] En cuanto a la fuerza centrífuga, o fuerza de inercia, es «(la fuerza) de inactividad, en virtud de la cual un cuerpo seguirá siempre a lo largo de una recta si nada se lo impide».

En la edición de los *Elementos* de 1738 incluía a continuación un pasaje suprimido en las ediciones posteriores a 1741, en el que Voltaire exponía la idea del balance equilibrado de estas dos fuerzas mediante el esquema geométrico del paralelogramo de fuerzas. ¿Reminiscencias de la intuición original que motivó el «horrible escrúpulo» contra la gravitación universal? Seguramente. Estas dudas manifiestan las incertidumbres sobre el sistema del mundo que siempre embargaron a Voltaire, pero que no doblegaron su voluntad de difundirlo. Cuando a fines de 1732 discutía con Maupertuis los textos preparatorios de algunas *Cartas*, Voltaire entrevió que la empresa intelectual de difundir la filosofía newtoniana lo llevaría con el tiempo a desarrollar un proyecto de mayor envergadura. También fue consciente de las limitaciones personales que enfrentaría: «Tendría que escribir un libro de filosofía, y apenas alcanzo a entender el vuestro (el *Discours*). Hablando (en las *Cartas*) de todas las bellas artes, solamente me sentí obligado a hacer conocer al Sr. Newton a ignorantes como yo *in quantum possum e in quantum indigens*» (Best. D 550).

Quien divulgó profusamente a Newton como paradigma de un nuevo pensamiento racional no era *filósofo*.[93] Por consiguiente debía dudar al menos en aquellos puntos que eran materia sustancial de las aplicaciones de esta racionalidad física a la naturaleza y al sistema del mundo. Ciertamente fue una mente privilegiada que acertó antes que muchos en su época a entender globalmente las posibilidades analíticas del método y la mecánica newtoniana frente a los demás sistemas. Pero al no aprehender el significado teórico de presupuestos fundamentales de esta cosmovisión, su adhesión a la misma adolecía con frecuencia de cierto formalismo y no poca retórica. Así se explicaría, parcialmente al menos,

su constante tendencia a divinizar a Newton y a sacralizar sus enseñanzas. Como ha escrito A. Rupert Hall, «la adulación de Voltaire hacia Newton es completamente circular: debemos alabar a Newton porque fue racional, y conocemos la racionalidad tomando a Newton como modelo".[94]

NOTAS

1. Véase M. Delon, «Le Panthéon et l'égout», *Magazine Littéraire*, Nº 238, febrero de 1987, pp. 47-49. Este número de la revista está dedicado a Voltaire, conteniendo otros interesantes articulos de destacados especialistas.

2. R. Pomeau, *D'Arouet à Voltaire*, Oxford, 1985. Este autor es sin duda uno de los biógrafos más autorizados de Voltaire, y para la elaboración de estas páginas hemos tenido muy presentes algunas de sus publicaciones. En particular el ensayo *Voltaire*, París, Ed. Seuil, 1955 y la magnífica síntesis realizada para la *Encyclopedia Britanica*. Para la redacción de esta introducción, además de la bibliografía citada en otras notas, también hemos consultado G. Denoiresterres, *Voltaire et la societé française au XVIIe siècle*, 2ª ed., Paris, 1871-1876; G. Lanson, *Voltaire*, París, 1960; H.T. Mason, *Voltaire, a biography*, Londres, 1981, T. Besterman, *Voltaire*, 3ª ed., Oxford, 1976; A. Owen Aldridge, *Voltaire and the Century of Light*, Princeton, 1975.

3. Los detalles relativos a la publicación casi simultánea de tres ediciones de las *Lettres* son bien conocidos. Además de la versión inglesa ya citada, aparecida en agosto de 1733 con el pie Londres, Imp. C. Davis y A. Lyon, se imprimió otra en Londres, salida de las prensas en septiembre pero distribuida a partir de marzo de 1734, bajo el título *Lettres écrites de Londres sur les Anglais et autres sujets* y falsamente localizada en Basilea. Fue el editor Jore quien cambió el título, nombrándolas *philosophiques*, en la edición clandestina de Amsterdam, Imp. E. Lucas, aunque en realidad impresa en Rouen. Por supuesto hubo otras muchas ediciones entre 1734 y 1739, fecha en la que las *Cartas* serán progresivamente repartidas en otras obras y, a veces, recogidas en forma de *Melanges;* esto se debe a las múltiples modificaciones introducidas por Voltaire, que hacen muy compleja la tarea de fijar hoy el texto canónico. Véase la excelente edición de G. Lason y A.M. Rousseau (París, 1964). Menos erudita, aunque igualmente útil para ver las variaciones de contenido, es la edición de R. Naves (París, Ed. Garnier, 1964). Existe en castellano una buena edición, aunque no crítica, de Fernando Savater (Madrid, Editora Nacional, 1976). R. Pomeau, *D'Arouet à Voltaire, op. cit.*, p. 321 ss., afirma que entre las fechas mencionadas se vendieron unos 20.000 ejemplares. Sobre la elaboración del texto ver A.M. Rousseau, «Anglaterre et Voltaire», *Studies on Voltaire and the eighteenth century, (Studies)* Vols, 145- 147, Londres, 1976.

4. R. Pomeau *(D'Arouet à Voltaire, op. cit,* p. 322) cita a este respecto la extraña pretensión de Voltaire de agregar a la edición de *La Henriade* de 1730 un anexo para explicar la filosofía de Newton. Esta circunstancia prueba, en su opinión, que en noviembre de dicho año ya había decidido cambiar su proyecto de redactar un simple relato de viaje por el más ambicioso de explicar el momento filosófico y científico inglés. Ya en 1727, año en el que escuchó de la sobrina de Newton, Catherine Barton Conduit, la anécdota de la caída de la manzana, se apresuró a narrarla en el primer

texto que tuvo ocasión de publicar; así apareció en la segunda edición del *Essay upon the epick poetry*, texto donde sin ninguna relación con el hecho contado, quería Voltaire reclamar para sí la prioridad de haber mostrado la significación que lo anecdótico puede tener en la vida de los grandes hombres.

5. Sobre este punto debe consultarse A.M. Rousseau, *L'Anglaterre..., op. cit.*, vol. I, pp. 125-131.

6. *A collection of papers which passed between the late leared mr. Leibniz, and dr. Clarke, in the years 1715 and 1716, relating to the principles of natural philosophy and religion* (1717), traducidos al francés en 1720. Hay una edición española de E. Rada (*La polémica Leibniz-Clarke*, Madrid, 1980) que incluye un estudio introductorio. Además de la bibliografía que se citará más adelante, ver F.E.L. Priestley, «The Clarke-Leibniz Controvery», *in* R.E. Bust y J.W. Davis (eds.), *The Methological Heritage of Newton*, Oxford, 1970, pp. 34-56. También W.H. Barber, «Voltaire and Samuel Clarke», *Studies, 179*, 47-61, 1979.

7. Cuenta R. Pomeau (*D'Arouet à Voltaire, op. cit.* p. 52) la anécdota por la que ya uno de sus profesores en el colegio Louis-le-Grand, disgustado tras una intervención pública del joven Voltaire, le increpó a voces diciéndole: «Desgraciado, tu serás un día el abanderado del deísmo en Francia». Y, en efecto, como lo ha probado R. Pomeau, *La Religion de Voltaire* (París, 1969), tales convicciones madurarían pronto y terminarían siendo una constante en los escritos de Voltaire.

8. Parece claro que no quiso Voltaire ahondar en las disputas teológicas y en las persecuciones habidas en Inglaterra desde la Restauración. De ahí que no aporte ninguna noticia de ellas en las *Lettres*, donde se conforma con la imagen idealizada, aunque justificada en términos relativos, del carácter tolerante de las instituciones y sociedad inglesas.

9. Sobre estas cuestiones además de la biografía ya citada, véase M.S. Staun, «Newton and Voltaire: constructive sceptics», *Studies, 62*, 29-56, 1968. También W.H. Barber, «Voltaire et Newton», *Studies*, 179, 193-202, 1979. Sobre la relación entre teología y newtonismo ver M.C. Jacob, *The Newtonians and the English Revolution, 1689-1720*, Hassocks, 1976, pp. 177 ss. Sobre el deísmo de Voltaire, N.L. Torrey, *Voltaire and the english deist*, New Haven, 1930. Más recientemente, T. Besterman ha tratado de analizar la polisemia con que impropiamente se usa el término deísta, probando a identificar en qué sentido es correcto aplicárselo a Voltaire, Cf. *Voltaire, op. cit.*, pp. 215 ss. Véase también M. Libby, *The Attitude of Voltaire to magic and the natural sciences*, New York, 1935.

10. Véase A.M. Rousseau, «Naissance d'un livre et d'un texte: les *Letters concerning the English nation*», *Studies, 179*, 25-46, 1979. En el cuaderno de notas personales elaborado durante su estancia en Inglaterra, editado por T. Basterman en el vol. 81 de las obras completas con el título *Cambridge's Notebook*, puede leerse en la p. 76: «No tomo partido por Newton sino a beneficio de inventario. Soy como ese hombre que legó cien escudos para que se dijeran misas y, en el caso de que la misa no costara nada, los donasen para aplicarlos a otros usos». El epitafio redactado por Pope contenía expresiones que debieron impresionar a Voltaire y que sin duda reflejaban el sentir general entre los asistentes a los funerales:

«Nature, and Nature's Laws, lay hid in Night.
God said, «Let Newton be!» and all was light»

Voltaire anotó estos versos en el *Cambridge's Notebook*.

11. Sobre el impacto del *Discours* en los medios intelectuales franceses puede consultarse nuestra introducción a la edición castellana. A. Lafuente y J.L. Peset, *Maupertuis, el orden verosímil del cosmos*, Madrid, Alianza Ed., 1985. También P.

Cassini, «Briarée en miniature: Voltaire et Newton», *Studies*, 179, 63-77, 1979; E. Sonet, *Voltaire et l'influence anglaise*, Ginebra, 1970, pp. 116 ss. R.E. Schofield, «An evolutionary taxonomy of eighteenth-century newtonianisms», *Studies in Eighteenth-Century Culture*, 7, 175-92, 1978.

12. En efecto la estructura de la carta XV y los *Elementos* es la siguiente: torbellinos y éter cartesiano (Cap. I y II); gravitación, Galileo (III), influencia sobre los planetas (IV), Kepler (V), la Luna (VI), atracción universal (VII), el Sol, los planetas, la Tierra (VIII-X), flujo y reflujo (XI), teoría de la Luna (XII), los cometas (XIII), conclusión (XIV). La de la carta XVI era: la luz en Descartes y Römer (I), Malebranche (II), reflexión y refracción (III y IV), el ojo, los espejos (V, VI), percepción de distancias y tamaños (VII, VIII), refracción y atracción (IX), los colores y el arco iris (X, XI), colores y espesor de los cuerpos (XII), conclusión (XIII). Ver la citada edición de las *Lettres* de R. Noves, pp. 227 ss.

13. I.O. Wade, *The intellectual development of Voltaire*, Princeton, pp. 240 ss.

14. Escrita el 30 de mayo de 1735. Best. D874. Sobre la estancia en Cirey, ver R. Vaillot, *Madame du Chatêlet*, París, 1978.

15. Todos estos preparativos son minuciosamente tratados por T. Besterman, *Voltaire, op. cit.*, pp. 233 ss. La configuración de Cirey como un núcleo de actividad científica es tratada por E. Saigey, *Les sciences au XVIIIe siècle. La physique de Voltaire*. París, 1873, pp. 29 ss.

16. F. Algarotti, *Il Newtonianismo per le dame, ovvero Dialoghi sobra la luna e i colori*, Nápoles, 1737. Nosotros citamos por la edición francesa *Le Newtonianisme pour les dames, ou Entretiens sur la lumière, sur les Couleurs, et sur l'Attraction*, 2 vols., París, 1738. La cita en pp. XLII- XLIII. Sobre Algarotti ver la excelente biografía de E. Bonora (1960) incluida en el *Dizionario Biografico degli Italiani*. Sobre su papel en la introducción del newtonismo en Italia P. Casini, «Les débuts du newtonianisme en Italie. 1700-1740», *Dix-huitième siècle, 10*, 85-100, 1978.

17. El 1 de enero de 1737 escribía a Federico: «Estoy aquí (Leyde) en una ciudad, donde dos simples particulares, donde Mr. Boerhave por un lado, y Mr. s'Gravesande por otro, atraen a cuatrocientos o quinientos extranjeros». (Best. D1243).

18. Cf. R. Vaillot, *op. cit.*, p. 144.

19. Sobre este punto véase A. Lafuente y A. Mazuecos, *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofrancesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII*, Barcelona, El Serbal-CSIC, 1987, pp. 47 ss. También J. L. Greenberg, «Degrees of Longitude and the Earth's Shape: The Difusion of a scientific Idea in Paris in the 1730s», *Annals of Science, 41*, 151-8, 1984.

20. Sobre la génesis de las *Institutions* y las preocupaciones científicas de Mme. Chatêlet, ver W.H. Barber, «Mme. Chatêlet and leibnizianism: the genesis of the *Institutions de physique*», *in* W.H. Barber et al (eds.), *The Age of the Enlightment*, Edinburgh, 1967, pp. 200-22. También L.G. Janik, «Searching for the metaphysics of science: the structure and composition of madame Du Chatêlet's *Institutions de physique*, 1737-1740", *Studies*, 201, 85-113, 1982.

21. Su posición en este punto era clara: «Una de las equivocaciones de algunos Filósofos de este tiempo es querer desterrar las Hipótesis de la Física; en ella son tan necesarias como los cimientos de una casa en construcción». *Institutions...*, p. 9.

22. *Institutions...*, p. 94. Los puntos de conflicto entre los *Elementos* y las *Instituciones* son abundantes. Mme. Chatêlet considera, a diferencia de Voltaire, que Newton no es el iniciador de todo, sino el continuador de la obra de Descartes. Véase I.O. Wade, *The Intellectual...*, pp. 279 ss. Respecto a la atracción, tema abordado en el capítulo XVI de las *Institutions*, Mme. Chatêlet se distancia abiertamente de

Voltaire: «Si Newton hubiese buscado la razón suficiente de la atracción misma, es verosímil que pronto hubiese reconocido que esta atracción... en tanto que se la considera una propiedad de la materia y la causa de la mayor parte de los fenómenos, es inadmisible». *Institutions...*, p. 328.

23. El manuscrito referido, citado «Métaphysique», estuvo en sus manos desde septiembre de 1736. Mme. Chatêlet, influida por tan severos juicios, no llegó a leerlo hasta la primavera de 1737. Son muchas las manifestaciones de desprecio hacia Wolff que dejó escritas, pues según explicaba Voltaire, su metafísica le transportaba a «una atmósfera donde no podía respirar, a un terreno donde no podía pisar y hacia unas gentes cuyo lenguaje no podía comprender» (Best. D1314). Más tarde declararía que tuvo la desgracia de leer a Wolff (Best. D2526) y las enseñanzas que recibía Candide de Pangloss, parodia del wolffiano convencido, son identificadas como «metafísica-teólogo-cosmología». *(Candide*, Cap. I).

24. *Mémoires de Trévoux*, agosto de 1738, pp. 1671-73.

25. N. Regnault, *Lettre d'un physicien sur la philosophie de Newton, mise à la portée de tout le monde par Monsieur de Voltaire*, s.l., 1738. La cita en p. 40. La obra de Barnières era *Examen et réfutations des Eléments de la philosophie de Newton*, París, 1739.

26. Voltaire, *Reponse à toutes les objetions principales qu'on a faites en France contre la Philosophie de Newton* (s.l., 1739). Los editores de Kehl publicaron este texto, incluido por nosotros en la presente edición, con el título «Defense du newtonianisme».

27. Véase E. Sonnet, *Voltaire..., op. cit.*, pp. 116 ss.

28. Cf. P. Casini, «Briarée en miniature...» *op. cit.*, y «les débuts...» *op. cit.*. Una visión de conjunto en H. Guerlac, *Newton on the continent* (Ithaca y Londres, 1981) y J.L. Heibron, *Elements of early modern physics* (Berkeley, 1982). Sobre la citada tradición ideológica María del Carmen Iglesias, *El pensamiento de Montesquieu* (Madrid, 1984) y C. Rusell, *Science and Social Change, 1700-1900)*, Londres, MacMilland Press, 1983. También L.C. Arboleda, «Acerca del problema de la difusión científica en la periferia. El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)», *Quipu, 4*, 7-30, 1987. Finalmente, no olvidamos la excelente obra de J. Ehrard, *L'idée de nature en France dans la première moitié du XVIIIe siècle*, París, 1963.

29. No es casual que la obra clásica de P. Brunet, *L'introduction des théories de Newton en France au XVIIIe siècle. Avant 1738* (París, 1931), eligiése tal fecha para concluir el primer ciclo histórico de dicho proceso. Sobre las fases iniciales de difusión, el texto de Brunet ha sido superado por I. Bernard Cohen, «Isaac Newton, Hans Sloane and the Académie Royale des Sciences» *in L'Aventure de la science: Mélanges Alexandre Koyré*, París, 1964, pp. 61-116. A. Rupert Hall, «Newton in France: a new view», *History of Science, 13*, 233-250, 1975. H. Guerlac, *Newton on the continent, op. cit.*

30. I.B. Cohen, *Introducción* a la reimpresión de la obra de Henry Pemberton. *A view of Sir Isaac Newton's Philosophy*, New York, 1972, p.v.

31. Introducción a la segunda parte de los *Elementos*,

32. Véase la p. 174 de la presente edición de los *Elementos.*

33. Best. D1113 y D1181. Ver la discusión de L. Janik, «Searching...» p. 88 y T. Besterman, *Voltaire, op. cit.*, p. 220.

34. J. N. S. Allamand (1759): «Histoire de la vie et des oeuvres de Mr. S'Gravesande». *in Oeuvres philosophiques de Mr. 'sGravesande, rassemblées et publiées par...*, 2 vols., Amsterdam, Marc Michel Rey, 1774; pp. IX-LIX.

35 Reproducido en *Oeuvres...*, ed. Moland, *op. cit.*, pp. 397-399. Fechado el 9 de enero de 1830.

36. «Avant-propos» de 1738, dedicado «A Madame la Marquisa du Ch***». En ediciones posteriores forma parte de la Introducción a la 2ª parte sobre la naturaleza de la luz; véase *Oeuvres...*, ed. Moland, *op. cit.*, pp. 438-9. Incluido en esta edición

37. En particular las cartas decimocuarta, decimoquinta y decimosexta.

38. Reproducimos la lista bibliográfica que acompaña al artículo sobre Voltaire elaborado por C.C. Gillispie para el vol. XIV (1976) del *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Scribner's Sons.

39. Véanse las *Cartas filosóficas*, ed. de F. Savater,op. cit., en donde se incluyen, junto a la carta decimotercera, dos apéndices: la primera redacción sobre el alma y Locke, y una continuación elaborada posteriormente a la publicación original de 1734. También D.J. Fletcher, «Bolingbroke and Newtonianism in France», *Studies*, 53, 29-46, 1967.

40. Consultar el texto en la presente edición de los *Elementos*, p. 341. La conclusión de las investigaciones de Mme. du Chatêlet en estas cuestiones se encuentra en el tratado *Institutions...*. En el *Avant-propos* escrito en un discurso supuestamente dirigido a explicar los objetivos de la obra a su joven hijo, Mme. du Chatêlet empieza por centrar el objeto principal de las *Institutions...*: explicar el sistema de Newton y cómo la hipótesis de la atracción permite comprender los fenómenos. Al justificar la elaboración de esta nueva obra frente a la publicación de los *Elementos* el año anterior, opina que Voltaire no abarcó el mismo objetivo (divulgar el sistema newtoniano) con criterios más amplios, lo cual habría hecho innecesario su libro. Por el contrario «se centró en límites tan estrechos, que no he creído poder dispensarme de hablaros de ello» (p. 7). Esta diferencia de enfoque queda clara un poco más adelante, cuando se pronuncia contra el espíritu de partido y contra la tendencia a «elevar el respeto por los grandes hombres hasta la idolatría, como hacen la mayoría de sus discípulos» (p. 10). Sobre esta base es posible comprender el marco de las diferencias entre Voltaire y la marquesa du Chatêlet. Como recuerda L.G. Janik, era característica en Voltaire una postura anti-metafísica (que sugiere puede haberse originado en su contacto con la obra de Locke) orientada a «rechazar *toda* búsqueda de explicación racional profunda de los resortes mecánicos del universo» (Searching...», p. 91).

41. La carta del 25 de abril de 1737. Mme. du Chatêlet transformó en sus *Institutions* (p. 4) esta frase en otra que expresaba claramente las diferencias entre ambos: «La metafísica contiene dos tipos de cosas; la primera, lo que todas las personas que hacen buen uso de su espíritu pueden saber; y la segunda, que es la más amplia, lo que nunca sabrán». Citado por L.G. Janik, «Searching...», p. 91.

42. En la carta que acompañaba al extracto que envió en 1737 de un *Tratado* a Federico, decía: «Yo aproximo siempre, tanto como puedo, mi metafísica a la moral». Citado por H. Mason, *Voltaire, op. cit.*, pp. 134 ss.. (El texto en p. 137).

43. Sin embargo, Voltaire se lamenta de que Locke, al refutar contundentemente en el *Ensayo* las ideas innatas, «haya pretendido que no existe una noción del bien y del mal común a todos los hombres» (esta ed. de los *Elementos*, capítulo VI «Sobre la religión natural»). En lo fundamental, Voltaire se manifiesta partidario de Locke, cuya epistemología y ontología asocia repetidamente con las propias ideas de Newton. Además de su rechazo común a las ideas innatas, encuentra la contigüidad de concepciones filosóficas de ambos en la epistemología empírica de la sensación y el reflejo y el rechazo a la explicación fundamentada en hipótesis *a priori*. Pero esta intuición de Voltaire se reduce al renacimiento de una vecindad de posiciones, sin

que pueda ir al fondo de la misma. Como ha señalado G.A.J. Rogers, («The system of Locke and Newton», *in* Z. Bachler (ed.), *Contemporary Newtonian Research*, Londres, 1982, pp. 215-238), sólo mediante un estudio de los papeles inéditos de ambos ha sido posible empezar a comprender las características comunes de sus pensamientos.

44. Las ideas de Newton sobre metafísica se publicaron,en su versión más elaborada, en el «Escolio General» de los *Principia*. Ver la magnífica edición reciente de Eloy Rada realizada por Alianza Editorial, Madrid, 1987. Hay un texto, entonces inédito, de Newton que suele citarse como el mayor esfuerzo para asentar las bases matemáticas de su pensamiento; se trata de *De la gravitación y del equilibrio de los fluidos y de los sólidos en los líquidos (De gravitacione)* escrito entre 1662 y 1665. Fue publicado por A.R. Hall y M.B. Hall, *Unpublished scientific papers of I. Newton*, (Londres, 1962). Existe una reciente edición latino- francesa de M.F. Biarnais, *Isaac Newton. De la gravitation ou les fondements de la mécanique classique* (París, 1985). Véase J.E. McGuire, «Space, infinity and indivisibility: Newton on the creation of matter» *in* Z. Bechler, *op. cit.*, pp. 145-190. También P. Kerszberg, «The cosmological question in Newton's Science», *Osiris, 2*, 69-106, 1986. P. Cassini («Biarée...», *op. cit*) afirma que la grandeza de Voltaire, probablemente influido por Mme. du Chatêlet, fue no minimizar la profundidad del pensamiento de Newton como hicieron otros newtonianos (p. 65). El proyecto difusor de Voltaire alcanzó tanto éxito debido a que fue capaz de sustituir el supuesto sentido común atribuido a la escolástica cartesiana, por otro distinto acorde con el pensamiento de Locke y Newton (p. 73).

45. Véase I.O. Wade, *The Intellectual...*, pp. 608 ss.

46. La divinización a la que eleva Voltaire a Newton y a la que se refiere Mme. du Chatêlet en términos condenatorios, se expresa en la carta a Olivet del 18 de octubre de 1736: «Mi querido amigo, mi querido maestro. Newton es el hombre más grande que jamás ha existido, pero el más grande; de manera que a su lado los gigantes de la antigüedad parecen niños jugando a las canicas» (citado por I.O. Wade, *The Intellectual...*, p. 618). Es curioso que la metáfora del juego de niños, Newton la utilizase en un contexto radicalmente distinto: «No sé cómo me ve el mundo; pero yo mismo me veo sobre todo como un niño que juega en la playa, y que se divierte de cuando en cuando al hallar una piedra lisa o la concha más vistosa, mientras yace al frente suyo el inmenso océano de la verdad».

47. Perry Miller, «Introducción a las cartas de Bentley y Newton», *in* I.B. Cohen (ed.), *Isaac Newton's papers and letters on natural philosophy and related documents*, 2ª ed., Cambridge, 1978, pp. 271-278.

48. La edición española de Eloy Rada (*La polémica..., op. cit.*) está precedida de un estudio histórico del que fue, según Voltaire, uno de los más bellos monumentos de contiendas literarias en el siglo XVIII. Rada reseña rápidamente los que en su opinión fueron temas centrales de la correspondencia. Mencionemos entre ellos, la decadencia de la religión natural, el espacio como «sensorium Dei», la intervención de Dios en el mundo, la gravedad, el vacío, el principio de la razón suficiente, la identidad de los indiscernibles, el espacio y el tiempo. Los estudios clásicos sobre esta correspondencia fueron elaborados por A. Koyré e I.B. Cohen, «The case of the missing *tanquam:* Leibniz, Newton and Clarke», *Isis*, 52, 555-566, 1961; y «Newton and the Leibniz-Clarke correspondence with notes on Newton, Conti and Des Maizeaux», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 41, pp. 63-126, 1962.

49. A. Rupert Hall, *(Philosophers at war. The quarrel between Newton and Leibniz*, Cambridge, 1980), y R.S. Westfall, (*Never at rest, op. cit.*, pp. 778-9) rebate la afirmación, comúnmente aceptada de que Newton haya participado en la polémica,

por ejemplo redactando borradores para algunas de las argumentaciones de Clarke. Ello viene a relativizar las opiniones que en tal sentido sostienen Koyré y Cohen en los artículos de 1961 y 1962. *op. cit.*

50. El trabajo más completo sobre la difusión de la *Optica* en Francia es el de Henry Guerlac, *Newton on the continent..., op. cit.* Véase también A. Rupert Hall, «Newton in France:...» *op. cit.* Tanto Guerlac como Hall demuestran que el proceso de aceptación continental de la física newtoniana en general, y de la óptica en particular, pasó por una etapa intermedia decisiva en la que Malebranche, Dortous de Mairan y Joseph Privat de Molièrs asumieron el desafío intelectual de reinscribir en su cosmovisión cartesiana principios fundamentales de la *Optica*. Sin oponerse en bloque a la filosofía natural de Newton, aceptaron un diálogo racional con sus tesis fundamentales, y estuvieron dispuestos a modificar algunas de las suyas sin por ello renunciar al original ordenamiento cartesiano de su pensamiento.

51. Junto con otros documentos de óptica física de Newton, entre ellos cartas de quienes como Pardies, Huygens, Hooke, Linus y Lucas, comunicaron sus reacciones sobre la nueva teoría a la *Royal Society*, el citado texto se puede consultar en: I.B. Cohen (ed.): *Isaac Newton's papers.... , op. cit.*, pp. 47-238.

52. La versión original en inglés de la *Optica* es de 1704. Luego aparecieron una segunda edición en 1718 y una tercera en 1721 con adiciones y correcciones importantes. La versión latina apareció en 1706, con una segunda edición en 1719. La versión francesa en 1720, con una segunda edición en 1722. La excelente versión al castellano de Carlos Solís apareció en 1977 en Ediciones Alfaguara de Madrid.

53. «Eloge de M. Newton» de Fontenelle, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, année 1727 (París, 1729), pp. 151-172. La versión inglesa lleva por título: *The Elogium of Sir Isaac Newton*, London, 1728. Una reproducción facsimilar de esta última edición puede encontrarse en I.B. Cohen (ed.), *Isaac Newton's papers ...*, pp. 427-474. aparece precedida de un importante estudio de Ch.C. Gillispie «Fontenelle and Newton». Una versión castellana del *Elogio* fue incluida por Eloy Rada en su edición de *Isaac Newton: El Sistema del Mundo*, Madrid, 1983; pp. 23-45.

54. Dos de los trabajos de «conciliación teórica» que tuvieron mayor difusión fueron: J. Privat de Molières, *Leçons de physique* (París, 1734-1739), y, en cierto sentido, la obra del padre L. Castel, *Le vrai système de physique générale de Newton, exposé et analysé avec celui de Descartes; à la portée du commun des physiciens*, París, 1743.

55. *Elogio*, edición de E. Rada, *op. cit.*, pp. 36-37.

56. H. Pemberton,: *A View* .... Del *Discours sur les différents figures des astres*, (1732), existe edición en castellano de una versión posterior con ligeras modificaciones, ver A. Lafuente y J. L. Peset (ed.) (1985): *P.L. Moreau de Maupertuis....* , pp. 47-90.

57. Voltaire, *Cartas*, ed. de Savater, *op. cit.*, p. 118.

58. *Loc. cit.*, pp. 131-132. Esta discusión de Voltaire sobre los comentarios de Fontenelle en la carta decimoquinta es analizada con detenimiento en: A. Koyré, *Etudes newtoniennes*, París, 1968, pp. 90 ss.

59. La significación histórica de estos fracasos de Mariotte sobre el retraso en la aceptación continental de la teoría de los colores, es ampliamente estudiada en H. Guerlac (1981).

60. Véase esta traducción de los *Elementos*, p. 138.

61. *Loc. cit.*, p. 139. En el *Diccionario Filosófico* (art. Newton y Descartes) señala al cardenal Polignac entre los responsables de la intoxicación aludida: «...no hubo nadie que no le oyera decir que Newton era peripatético, y que sus rayos caloríficos y su atracción pecaban de ateísmo».

62. Véase la presente traducción de los *Elementos*, p. 55.

63. *Loc. cit.*, pp. 85-86.

64. *Loc. cit.*, p. 87. Newton se refiere a esta propiedad en la Proposición XCVI, Teorema L de los *Principia*. También lo había hecho anteriormente en una carta a R. Bole de 1679, Cohen, *Isaac Newton's papers...*, p. 252.

65. *Elementos*, p. 89.

66. *Loc. cit.*, p.90.

67. *Loc. cit.*, pp. 91-92.

68. *Loc. cit.*, p. 113.

69. Recordemos estos enunciados. La Proposición XII reza: «Todo rayo de luz, al pasar por una superficie refringente cualquiera, adquiere una cierta constitución o estado transitorio que, a medida que el rayo adquiera la disposición a transmitirse fácilmente en la siguiente superficie refringente y, entre dos retornos, la disposición a reflejarse fácilmente en ella.» La definición mencionada dice:

«Llamaré *accesos de fácil reflexión* al retorno de la disposición de cada rayo a reflejarse; *accesos de fácil transmisión* a los de la disposición a transmitirse, e *intervalo entre los accesos* al espacio que recorre entre cada retorno y el siguiente.»

Si bien explica su teoría de los accesos mediante la analogía con las ondas sonoras y las ondas en el agua, Newton es cauto al considerar si esta hipótesis es verdadera o falsa y se contenta únicamente con afirmar que «los rayos de luz, por una u otra causa, se hallan alternativamente dispuestos a ser reflejados o refractados por mucho tiempo». Consultar la versión castellana de la *Optica* preparada por Solís, *op. cit.*, pp. 244-247.

70. I.B. Cohen, «Newton, Isaac», *Dictionary of Scientific Biography*.

71. Véase la edición castellana de la *Optica*, *op. cit.*, pp. 302-303.

72. *Oeuvres complètes de Voltaire*, ed. Moland, *op. cit.*, p. 501.

73. Véase M.-A. Tonnelat: «Diffusion de l'optique newtonienne», in R. Taton, *Histoire Générale des Sciences*, Paris, 1964, vol. II, pp. 519-527. También H. Konczewska, «Les *Eléments de la philosophie de Newton* et la physique contemporaine», *Revue d'histoire des sciences*, 8, 303-318, 1955.

74. E. Saigey (1873): *Les sciences ...* , p. 29.

75. *Elementos*, pp. 63-64.

76. Véase concretamente la Prop. VIII de la parte tercera, libro segundo, de la *Optica*.

77. *Elementos*, p. 89. Saigey (*op. cit.*, pp. 38-39) explicita claramente el compromiso atraccionista de Voltaire en este experimento. Otro tanto hace Konczewska: *op. cit.*, pp. 309-310 y 313-314.

78. Consultar ed. castellana de la *Optica*, *op. cit.*, pp. 303- 304.

79. Esta es la opinión de C.C. Gillispie en su noticia sobre Voltaire del D.S.B. «La transición que hace Voltaire del color a la gravedad llevaría al lector a suponer que Newton extendió este principio cardinal de la óptica a la cosmología, y habría llegado de esta manera a explicar el sistema del mundo».

80. Véase el encabezamiento de la tercera parte de los *Elementos*, pp. 114-115.

81. La expresión aparece inicialmente en un manuscrito que Voltaire adjunta a su primera carta a Maupertuis, pero en otros términos: «...se debe considerar la potencia de gravitación, de atracción (cualquiera que sea la causa) como el principal resorte del que depende la mecánica del universo». (Ver Best. D533 de 30 de octubre de 1732 . La versión que presentamos en el texto nuestro es la que aparecerá después en las *Cartas filosóficas* de 1734 (ver ed. de Savater, *op. cit.*, carta decimoquinta, p. 130).

82. Esta es la formulación original de la anécdota como la transcribió de Newton John Conduit, esposo de su sobrina, en un memorandum biográfico enviado a Fontenelle cuando éste preparaba su *Elogio* de 1727 (véase Gillispie, *Fontenelle and Newton*, *op. cit.*, p. 434). En los *Elementos* Voltaire dice que su versión la había recibido personalmente de la sobrina de Newton, y no habla de manzana sino de «frutos» (véase esta ed. castellana, p. 126). La misma referencia se halla en las *Cartas filosóficas* (ed. Savater, *op. cit.*, p. 125). Voltaire la trató por primera vez en su *Essay on epick poetry* (1727). El mismo autor destaca así el estilo volteriano que se revela en la anécdota y su impacto en la difusión de la idea de la gravitación universal: «...la historia conocida por todos los escolares de Newton y la manzana no nos llegó a través de ningún compatriota, sino de este visitante francés... Tenemos en ello el indicio temprano de la habilidad de Voltaire para detectar los detalles que provocan el interés del público y... sirven como medios de propaganda en favor de una causa». H. Mason, *Voltaire*, Madrid, 1986, p. 30. Diferentes autores han cuestionado la autenticidad de los hechos que se mencionan en la anécdota. En general se está de acuerdo en que en los años 1660 Newton no pudo haber tenido ninguna idea clara de la gravitación universal, ya que todavía sus reflexiones y trabajos sobre dinámica no habían roto de forma significativa, para establecer un embrionario sistema del mundo, con las concepciones de Descartes y Huygens. Ninguna idea luminosa sobre la gravitación universal podría haberle, pues, aportado la caída de una manzana. Aunque es de suponer como dice Westfall, que «Newton debe haber tenido algo en mente cuando comparó la fuerza centrífuga de la Luna con la gravedad, y es razonable pensar que la caída de una manzana permitió que emergiera. Si bien no nombró la fuerza explícitamente, alguna acción tenía que ejercerse sobre la Luna para que se mantuviese en órbita. Alguna acción se ejercía sobre los planetas». (R.S. Westfaal, *Never at Rest*, *op. cit.*, pp. 154-155). I.B. Cohen mantiene un punto de vista distinto aunque los análisis suyos coinciden con los de Westfall en la interpretación del pensamiento newtoniano en los años de la plaga. Ver I.B. Cohen , *La revolución newtoniana*, *op. cit.*, $$ 5.3 y 5.4, e I.B. Cohen, «The *Principia*, Universal Gravitation, and the «Newtonian Style»...», *in* Z. Bechler, (ed), *op. cit.*, pp. 27-35.

83. Una explicación detallada del procedimiento de Newton se encuentra, por ejemplo, en I.B. Cohen, *The Birth of a New Physics* (Revised and Updated). New York, 1985, pp. 168-174 y pp. 227-228.

84. Pemberton, *A View ...* , p. 188-189; Maupertuis, *El orden verosímil...*, pp. 68-70 y 74-75; y Voltaire, *Elementos*, pp. 126-129.

85. Fontenelle entendió perfectamente la significación del test de la Luna para la teoría de la gravitación, dedicándole un largo pasaje en su *Elogio* (véase Eloy Rada, *El sistema ...* , pp. 27-29). Dice que «Sir Isaac Newton demuestra a partir de dicho movimiento (de caída libre), que en el primer minuto de su caída (la Luna) recorrería 15 pies de París». Por su parte, Maupertuis afirma que «un fácil cálculo» permitiría obtener esa distancia aproximada de 15 pies en un minuto.

86. *Elementos*, p. 127. En las *Cartas* había afirmado algo parecido a propósito de esta cuestión: «Es una cosa que siempre me parece admirable, que se hayan descubierto tan sublimes verdades con la ayuda de un cuadrante y de un poco de aritmética». (Véase ed. de Savater, *op. cit.*, p. 127).

87. *Elementos*, p. 141. Véase A. Koyré, *Etudes newtoniennes*, *op. cit.*, p. 38, y Casini, *op. cit.*, p. 70.

88. Véase la referencia a I. B. Cohen en la nota (82).

89. Best. D538, D546 y D550.

90. Véase edición de Savater de las *Cartas*, *op. cit.*, p. 127.

91. *Elementos*, p. 129.
92. *Loc. cit.*, pp. 131-132.
93. En la primera carta a Maupertuis, Voltaire comienza planteando sus dudas así: «Estando Señor en la corte sin ser cortesano, y leyendo libros de filosofía sin ser filósofo...» (Best. D533).
94. A. Rupert Hall, «Newton. The eighteenth century's marbre image», *Vistas in Astronomy*, 22, p. 407, 1979.

NOTA SOBRE LA PRESENTE EDICION

No repetiremos lo ya dicho en el apartado *Las vicisitudes del texto* de la Introducción. Esta versión castellana de los *Elementos* de la filosofía de Newton es una traducción de la incluida en el volumen 31 de la edición de las Obras Completas (1789) de Kehl, la cual, a su vez, reproducía la edición hecha en París (aunque con pie de Londres) por Prault en 1745. Sin embargo, hemos tenido a la vista las ediciones de 1738, 1741 y las efectuadas por Beuchot y Moland en el siglo XIX. Estas dos últimas reprodujeron la edición preparada por Voltaire para el tomo VI de las *Oeuvres* que imprimió C. Walther en Dresde en 1748. Moland tuvo en cuenta, a diferencia de Beuchot, las ediciones de 1741 y la publicada en 1756 por los hermanos Cramer en Ginebra, introduciendo en notas las variantes más significativas que tuvo el texto. Nuestra versión, por tanto, tomando como base la de 1745, ha valorado las modificaciones habidas en las ediciones de 1738, 1741, 1748 y 1756, introduciendo notas que remiten al contenido de ellas.

En las notas, además de las redactadas por nosotros y por Voltaire, hemos mantenido algunas de las introducidas por Moland, Beuchot, Kehl, Cramer o Walther, indicando siempre su procedencia.

Además del texto de los *Elementos*, nos ha parecido conveniente añadir la dedicatoria a Mme. du Chatêlet, incorporada por primera vez en la edición de 1745, así como dos breves escritos de Voltaire redactados para replicar las críticas que recibieron sus libros.

El presente trabajo se ha realizado en el Departamento de Historia de la Ciencia del Centro de Estudios Históricos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid.

REFERENCIAS CRONOLOGICAS

VOLTAIRE	SU TIEMPO
1694 Nace en París François-Marie Arouet.	
1700 Felipe V rey de España.	*Introductio ad veram physicam* de Keill.
1702 Guerra de Sucesión de España	Astronomie physicae de Gregory.
1704 Colegio Louis-le-Grand *Opticks* de Newton. (1704-1711).	
1706 Edición latina de la *Optica* (S. Clarke).	
1710 *Theodicée* de Leibniz.	
1711 Se introduce en la *Société du Temple.*	
1713 Secretario embajada en La Haya.	Paz de Utrech. 2ª edición *Principia* (Cotes). *Discourse of Freethinking* de Collins.
1715 Muerte de Luis XIV. Regencia del duque de Orleans. *Monadologia* de Leibniz.	
1716 Exilio en Sully-sur-Loire.	
1717 Once meses en la Bastilla.	Publicación de la polémica Lesibniz-Clarke.

1718	Primer gran éxito: *Oedipe*. Toma el nombre de Voltaire.	*Introductio ad veram astronomiam* de Keill.
1719	Vida mundana. Poeta cortesano.	Reforma financiera en Francia: sistema de Law.
1720	Conoce alord Bolinbroke.	Edición francesa de la *Optica* de Newton (Amsterdam). *Physices elementa* (1720-21) de s'Gravesande. Traducción al francés de la polémica Leibniz-Clarke.
1721		R. Walpole, primer ministro inglés.
1722	Viaje a Holanda. Recibe una pensión del regente. Inversiones financieras: se hace rico. Lee a Locke.	Ed. francesa de la *Optica, La Grandeur et le Figure de la Terre* de Cassini, et *Recueil...* de Hartsotker.
1723	Publica *La Ligue*, primera versión de *La Henriade*.	Muerte del Regente. *Philosophiae Newtonianae* de s'Gravesande.
1724	*Traité de physique* de Castel.	
1726	Affaire Rohan. 17 de abril: Exilio en Francia. Inglaterra (mayo 1726-noviembre 1728). Amistad con Clarke. Descubre a Shakespeare.	El cardenal Fleury gobierna en la Bastilla. *Gulliver* de Swift.
1727	Enero: Voltaire conoce al rey de Inglaterra. 17 de Abril: funerales de Newton.	*Eloge* de Fontenelle. *Lois de la communication du mouvement* Bernouilli.
1728	*La Henriade*. Regreso a Francia.	*A View of Sir Isaac Newton's philosophy* de Pemberton. *Philosophia rationalis* de Wolff.
1730	*Brutus* en la Comédie-Française.	Agitaciones jansenistas en Francia. *Philosophia prima* de Wolff. *Course in Experimental Philosophy* de Desaguliers.

1731	*Charles XII*.	*Cosmologia generalis* de Wolff. Maupertuis: *Discours sur les figures des astres*.
1732	*Zaïre*. Ledet imprime en Amsterdam la 1ª edición de sus *Oeuvres*.	*Essay on Man* de Pope.
1733	*Temple du Goût*. Conoce a Mme. Chatêlet. Edición inglesa de las *Lettres philosophiques*. Difusión de *La Pucelle*.	
1734	*Lettres Philosophiques*. El 10 de junio condenadas. Voltaire se refugia en Cirey hasta 1749.	*Leçons de Physique* de Privat de Molières.
1735	Polémica con Tournemine.	
1736	*Alzire*. Viaje a Holanda. *Traité de métaphysique*.	Mme. Chatêlet traduce la *Fable des Abeilles* de Mandeville. Expediciones «newtonianas» a Laponia y Quito sobre la figura de la Tierra.
1737		*Il Newtonianismo per le dame* de Algariotti.
1738	Publicación de los *Elementos*. Presenta en la Academia de Ciencias el *Essai sur le nature du feu*.	Desfontaines publica *La Voltairomanie*. Regreso de Maupertuis: Newton demostrado.
1739	Estancia en Bruselas.	
1740	*Metaphysique de Newton*. Primer encuentro con Federico II. *Chiavel* de Federico II.	María-Teresa de Austria. Federico II rey de Prusia. *Institutions de physique* de Mme. Chatêlet.
1741	Guerra de Sucesión de Austria.	
1742	*Mahomet*, es prohibida.	
1743	Misión secreta y diplomática en Berlín y Holanda.	Muerte de Fleury.
1744	Su amigo D'Argenson secretario de Estado.	

1745	Voltaire historiógrafo real. Cortesano de éxito: Poeta oficial.	
1746	Elegido para la Académie française. Amistad con D'Alembert. Edición de *Oeuvres* en Londres.	Fernando VI rey de España.
1747	Dificultades en la Corte. *Zadig*.	
1748	Frecuenta Lunéville, corte del rey Stanislas. *Oeuvres* en Dresde por C. Walther.	Montesquieu: *L'Esprit des Lois*. Paz de Aquisgrán.
1749	Vive en París. Relación con su sobrina Mme. Denis.	Muerte de Mme. Chatêlet.
1750	Voltaire en Berlín hasta 1753. Postdam. Honores, títulos, rentas,...	Rousseau: *Discours sur less ciences et les astres*. José I rey de Portugal: Pombal.
1751	*Siècle de Louis XIV*. *Oeuvres* en París.	Tomo I de la *Encyclopédie*.
1752	*Micromegas*. Querella con Maupertuis *Docteur Akakia*, quemada por orden de Federico II.	
1753	Rompe con Federico II. Luis XV le prohibe vivir en París.	
1755	Ginebra: «Les Delices». *La Pucelle*.	Rousseau: *Discours sur l'origine de l'inégalité*. Terremoto de Lisboa.
1756	*Poème sur la destruction de Lisbonne*. *Oeuvres* en Ginebra (Cramer).	Guerra de los Siete Años. Traducción de Mme. Chatêlet de los *Principia*.
1757	Artículo *Genève* en la *Encyclopédie*.	Desastre de Rossbach. Persecución contra las *philosophes*. Se interrumpe la *Encyclopédie*.

1758	Voltaire, diplomático.	
1759	*Candide*: condenado en París y Ginebra. Anticlericalismo militante.	Carlos III rey de España.
1760	Ferney. Ruptura con Rousseau.	
1761		Expulsión de los jesuitas de Francia.
1762	Affaire Calas y affaire Sirven. *Sermon des cinquante*.	Catalina II toma el poder en Rusia. Rousseau: *Du Contrat social*, *Emile*.
1763	*Traité de la tolérance*.	Fin de la guerra de los Siete Años.
1764	*Dictionnaire philosophique*: condenado en Ginebra. *Discours aux Welches*.	
1766		Rehabilitación de Calas.
1766	Affaire La Barre.	
1767	*L'Ingénu*.	Expulsión de los jesuitas de España.
1768	*Oeuvres* (Cramer).	
1769	Reforma agraria en Ferney.	
1770	*Questions sur l'Encyclopédie*. Industrialización de Ferney. Rechaza el Materialismo de Diderot y Holbach. Estatua a Voltaire en Pigalle.	Caída de Choiseul.
1774		Luis XVI: Turgot ministro.
1776	Desilusión de Voltaire.	Caída de Turgot y de Malesherbes.
1778	Voltaire regresa a París. Muerte de Voltaire el 30 de mayo.	
1785-89	Primera edición *Oeuvres Complètes* (Kehl).	
1787		Edicto sobre la tolerancia.
1791	11 de julio: Traslado al Panteón.	

ELEMENTOS DE LA FILOSOFIA DE NEWTON

DIVIDIDOS EN TRES PARTES

EPISTOLA

DEDICATORIA A LA MARQUESA DE CHATELET

MADAME,

Cuando puse por primera vez vuestro respetable nombre al frente de estos Elementos de filosofía, yo me instruía con vos.[1] Pero habéis tomado un vuelo después que ya no puedo seguir. En este momento soy como el gramático que presenta un ensayo de retórica a *Demóstenes* o a *Cicerón*. Ofrezco simples elementos a quien ha penetrado todas las profundidades de la geometría trascendente, y que es la única que nos ha traducido y comentado al gran *Newton*.

Este filósofo recopiló a lo largo de su vida toda la gloria que merecía; no excitó la envidia, pues no pudo tener rival. El mundo sabio fue su discípulo; el resto le admiró sin atreverse a comprenderlo. Mas el honor que vos le hacéis hoy es, sin duda, el más grande que nunca recibió. No sé a cuál de los dos debo admirar más: o a Newton, inventor del cálculo de lo infinito, descubridor de las nuevas leyes de la naturaleza y que anatomizó la luz; o a vos, Madame, que a pesar de las disipaciones propias de vuestro sexo, poseéis en tan alto grado todo lo que él inventó. Quienes os ven en la corte, seguramente no os tomarán por un comentador de filosofía; y los sabios, quienes son bastante sabios para leeros, cuanto menos se sorprenderán de que descendierais a las diversiones de este mundo con la misma facilidad con que os condujisteis hasta las verdades más sublimes. Este natural y esta sencillez, tan estimables siempre, pero tan extraños al talento y a la ciencia, harán que por lo menos se os perdone vuestro mérito. En general, es todo lo que cabe esperar de las personas con las que pasamos la vida; mas el pequeño número de espíritus superiores que se han aplicado a los mismos estudios que vos, os tendrá la mayor

veneración, y la posteridad os mirará con sorpresa. No me extraña que personas de vuestro sexo hayan reinado gloriosamente grandes imperios. Una mujer con un buen gabinete puede gobernar como *Augusto*; pero penetrar con trabajo infatigable en las verdades cuya aproximación intimida a la mayor parte de los hombres, profundizar en sus horas de descanso en lo que los filósofos más instruidos estudian sin reposo, es lo que sólo vos, Madame, habéis hecho; y esto es un ejemplo que será muy poco imitado, etc.

NOTA

1. Esta *Epístola* incorporada por primera vez en la edición de 1745, figura desde entonces en todas las ediciones posteriores; también en las ediciones de 1738 se imprimió un *Avant Propos. A Madame la Marquesa du Ch****, distinto al incluido en la edición de KEHL, precedido por una larga Epístola en verso, posteriormente incluida en la sección de Poesías de sus obras completas. El texto de 1738 era el siguiente:

A MADAME LA MARQUESA DE CH***

Prefacio

SEÑORA,

No estamos aquí ante una marquesa o una filósofa imaginaria. El sólido estudio que habéis hecho en varias verdades, y el fruto de un trabajo respetable, son lo que ofrezco al público para vuestra gloria, para la de vuestro sexo, y para la utilidad de quienquiera que desee cultivar su razón y gozar sin pena de vuestras investigaciones. Todas las manos no bastan para cubrir de flores las espinas de las ciencias: debo limitarme a intentar comprender bien algunas verdades y a mostrarlas con orden y claridad; corresponde a vos ponerles ornamentos.

El nombre *Nueva Filosofía* sólo sería el título de un cuento nuevo si no anunciase más que conjeturas de un moderno opuestas a las fantasías de los antiguos. Una filosofía que sólo se fundamentase en explicaciones audaces no merecería, en rigor, el menor examen: porque hay una cantidad innombrable de formas de llegar al error, y sólo hay un camino hacia la verdad; luego la apuesta es de infinito contra uno de que una filosofía que sólo se apoyase en hipótesis no dijese sino quimeras. He aquí por qué todos los filósofos que han razonado sobre la física, sin contar con la llama de la experiencia, sólo eran ciegos que explicaban la naturaleza de los colores a otros ciegos.

Este escrito no será un curso completo de física. Si tal fuera, sería inmenso; una parte sola de la física ocupa la vida de varios hombres y los deja morir en la incertidumbre.

Limitaos en este estudio, del que doy cuenta, a formaros solamente una idea clara de resortes tan delicados y tan poderosos, de las leyes primitivas de la naturaleza que descubrió Newton; a examinar dónde se estaba antes de él, de dónde partió y dónde se detuvo. Comencemos, como él, por la luz: esto es, de todos los cuerpos que nos

son sensibles, el más delicado, el que más se aproxima al infinito en lo pequeño; es, no obstante, el que mejor conocemos. Se le ha seguido en sus movimientos, en sus efectos; se ha llegado a anatomizarlo, a separarlo en todas las partes posibles. Entre todos los cuerpos, su naturaleza íntima es la más desarrollada; es el que más nos aproxima a los primeros resortes de la naturaleza.

Intentaremos poner estos *Elementos* al alcance de quienes ...» Sigue el párrafo, introducido por nosotros en nota como una variante de 1748, que figuró al final de la Introducción a la Parte II. Tras la frase «...sacarlas a plena luz», continuaba el Prefacio de 1738 como sigue:

«Se encontrarán aquí todas las que conducen a establecer la nueva propiedad de la naturaleza descubierta por Newton. Estaremos obligados a hablar de ciertas singularidades que han aparecido en el curso de esta carrera; mas no nos apartaremos de la meta.

Los que quieran instruirse más leerán las excelentes *Físicas* de los Gravesande, los Keil, Musschenbroek, los Pemberton y se aproximarán gradualmente a Newton.»

En la edición de 1741, el *Prefacio* era redactado en los siguientes términos:

«SEÑORA,

La filosofía pertenece a todos los estados y sexos: es compatible con el cultivo de las bellas letras e, incluso, con lo que la imaginación tiene de más brillante, a menos que no se permita a la imaginación acostumbrarse a ornamentar con falsedades, ni revolotear demasiado sobre la superficie de los objetos.

También se acuerda muy bien con el espíritu de los negocios, a menos que, en los empleos de la vida civil, no se esté acostumbrado a remover las cosas por los principios y que el espíritu no se entretenga demasiado en los detalles.

Ciertamente es incumbencia de las mujeres, aun cuando hayan sabido mezclar en las diversiones de su sexo la constante aplicación que, tal vez, es el don del espíritu menos frecuente.

¿Quién mejor que vos, señora, ha probado esta verdad? ¿Quién ha hecho mayor uso de su espíritu y más honor a las ciencias, sin despreciar ninguno de los deberes de la vida civil? Vuestro ejemplo debe contribuir a que enrojezcan quienes dan por excusa de su perezosa ignorancia las vanas ocupaciones que se llaman placeres o deberes, y que casi nunca son lo uno ni lo otro.

Antes de que exponga a vuestros ojos una idea de Newton como físico, como ya lo intenté en las ediciones precedentes, permitidme primero que dé a conocer lo que pensaba como metafísico; no porque desee enseñar solamente al público las vanas anécdotas con que gusta alimentar su curiosidad en lo que respecta a los hombres extraordinarios, sino porque sus ideas sobre lo que está menos al alcance de los hombres, pueden serles muy útiles; es de creer que quien ha descubierto tantas verdades admirables en el mundo sensible no se habrá equivocado mucho en el mundo intelectual. Quiero mostrar de él las opiniones que vos admitís y las que vos combatís. Seguro de estar en el camino de la verdad cuando marcho tras de Newton y tras de vos, y en la incertidumbre cuando no sois de su opinión, diré fielmente, bien lo que recogí en Inglaterra de la boca de sus discípulos, y particularmente del filósofo Clarke, bien lo que he bebido de los escritos del mismo Newton y en la famosa disputa de Clarke y Leibniz. Someto el escrito que os rindo, y sobre todo mis propias ideas, a vuestro juicio y al del pequeño número de espíritus ilustrados que son, como vos, jueces en estas materias".

PRIMERA PARTE[1]

CAPITULO I

DE DIOS

Razones que todos los entendimientos no aprecian. Razones de los materialistas.

Newton estaba íntimamente convencido de la existencia de un Dios; entendiendo por esta palabra no sólo un ser infinito, todopoderoso, eterno y creador, sino un señor que estableció cierta relación entre él y sus criaturas; ya que, sin esta relación, el conocimiento de un *Dios* no sería más que una idea estéril que, por la confianza en la impunidad, parecería invitar al crimen a cualquier filosofastro[2] de naturaleza perversa.[3]

Así mismo este gran filósofo hace una observación singular al final de sus principios: nunca se dice *mi eterno, mi infinito*, porque esos atributos no guardan relación con nuestra naturaleza; por el contrario se dice, y se debe decir, *mi Dios*; y así hay que entender al señor y conservador de nuestra vida, objeto de nuestros pensamientos.[4] Recuerdo que en varias conversaciones que tuve en 1726 con el doctor *Clarke*, jamás este filósofo pronunció el nombre de *Dios* sin una actitud muy notable de recogimiento y profundo respeto. Al confesarle la impresión que ello me producía, me dijo que esta costumbre, que debían practicar todos los hombres, la había adquirido imperceptiblemente de Newton.

Toda la filosofía de *Newton* conduce necesariamente al conocimiento de un ser supremo, que todo lo ha creado y todo lo ha ordenado libremente. Porque si el mundo es finito, si hay vacío, entonces la materia no existe necesariamente; así pues, ha recibido la existencia de una causa libre. Si la materia gravita, como está demostrado, no parece gravitar por su naturaleza, aunque sea extensa por su naturaleza: luego ha recibido de *Dios* la gravitación.[5] Si los planetas giran en un sentido antes que en otro

en un espacio sin resistencia, entonces la mano de su creador ha dirigido sus cursos en ese sentido con absoluta libertad.

Los pretendidos principios físicos de *Descartes* distan mucho por ello de conducir el entendimiento al conocimiento de su creador. ¡No quiera *Dios* que, por una horrible calumnia, yo acuse a este gran hombre de haber ignorado la suprema Inteligencia a la que tanto debía, y que lo elevó por encima de casi todos los hombres de su siglo!. Solamente digo que el abuso que algunas veces hizo de su entendimiento ha conducido a sus discípulos a precipicios de los que el maestro estaba muy alejado; digo que el sistema cartesiano ha producido el de *Spinosa*; digo que he conocido a muchas personas a quienes el cartesianismo condujo a no admitir otro Dios que la inmensidad de las cosas; y, por el contrario, no he visto ningún newtoniano que no fuese teísta en el sentido más riguroso.

Tan pronto como nos convencemos con *Descartes* de que es imposible que el mundo sea finito, de que siempre hay la misma cantidad de movimiento; tan pronto como nos atrevemos a decir: Dadme el movimiento y la materia y haré un mundo; entonces, hay que reconocerlo, tales ideas parecen excluir, por buenas razones, la idea de un solo Ser infinito, responsable de todo movimiento, único autor de la organización de las sustancias.

Muchos se sorprenderán quizás de que, entre todas las pruebas de la existencia de un Dios, la de las causas finales fuese la más sólida a los ojos de *Newton*. El designio, o mejor, la infinita variedad de designios que resplandecen en las partes más vastas y en las más pequeñas del universo, son una demostración que, por ser tan clara, es casi menospreciada por algunos filósofos; pero, por fin, *Newton* pensó que tales relaciones infinitas, que él percibía mejor que nadie, eran la obra de un artesano infinitamente hábil.[6]

No le gustaba mucho la gran prueba que se obtiene de la cadena de los seres. Se dice comúnmente que si los hombres, los animales, los vegetales, todo lo que compone el mundo fuese eterno, se haría forzoso admitir una sucesión de generaciones sin causa. Su existencia, se dice, no tendría un origen: no dependería de nada exterior, puesto que se les supone ya formados de generación en generación, sin principio; en nada dependería tampoco de su interior, puesto que ninguno existiría por sí mismo. Así todo sería efecto y nada sería causa.

Newton hallaba este argumento fundado tan sólo en el equívoco de las *generaciones* y de los *seres formados unos por otros*; porque los ateos que admiten el *pleno*, responden que, hablando en propiedad, no hay generaciones, no hay seres producidos, no hay varias sustancias. El universo es un todo, necesariamente existente, que se desarrolla sin cesar; es un mismo ser cuya naturaleza es ser inmutable en su sustancia y eternamente variado en sus modificaciones. Así pues, el argumento derivado solamente de la sucesión de los seres poco probaría quizás contra el ateo, quien negará la pluralidad de los seres.

Los ateos acudirían a los antiguos axiomas en su auxilio: que nada nace de la nada, que una sustancia no puede producir otra, que todo es eterno y necesario.

La materia, afirman, es necesaria, puesto que existe; y el movimiento es necesario y nada está en reposo; el movimiento es tan necesario que jamás hay pérdida de fuerzas motrices en la naturaleza.

Aquello que hoy es, existía ayer; luego existía antes de ayer; y así sucesivamente sin cesar. No hay nadie tan intrépido que afirme que las cosas retornarán a la nada: ¿Se puede ser tan atrevido como para afirmar que vienen de la nada? Nada mejor que todo el libro de *Clarke* para responder a tales objeciones.

En una palabra, no sé si existe una prueba metafísica más patente, y que hable más claramente al hombre, que este orden admirable que reina en el mundo; ni si jamás ha existido argumento más bello que el versículo *Coelli enarrant gloriam Dei.*[7] No es otra la prueba aportada por *Newton* al final de su óptica y de sus principios. No encontraba razonamiento más convincente y más hermoso en favor de la Divinidad que el de *Platón*, que hace decir a uno de sus interlocutores: Juzgáis que tengo un alma inteligente porque percibís el orden en mis palabras y en mis acciones; juzgad pues, observando el orden de este mundo, que existe un alma soberanamente inteligente.[8]

Si está demostrado que existe un Ser eterno, infinito, omnipotente, no por ello está demostrado que tal Ser sea infinitamente benefactor, en el sentido que damos a este término.

He aquí el gran refugio del ateo: si yo admito un Dios, dice, tal Dios debe ser la bondad misma: quien me dio el ser me debe felicidad; ahora bien, sólo observo en el género humano desorden y calamidad: la necesidad de una materia eterna me repugna menos que un creador que trata tan mal

a sus criaturas. No se pueden satisfacer, continúa, mis justas inquietudes y mis crueles dudas, respondiéndome que un primer hombre, compuesto de un cuerpo y de un alma, irritó al creador, y que desde entonces el género humano arrastra la pena; porque, primeramente, si nuestros cuerpos provienen de ese primer hombre, no así nuestras almas; y si acaso fuese así, el castigo del padre a todos los hijos parece la más horrible de todas las injusticias. En segundo lugar, parece evidente que los Americanos y los pueblos del antiguo mundo, los Negros y los Lapones no descienden del mismo hombre. La constitución interior de los Negros es una demostración palpable; ninguna razón puede entonces sosegar los murmullos que surgen en mi corazón contra los males que inundan este globo. Me hallo, pues, forzado a rechazar la idea de un Ser supremo, de un creador al que concebiría infinitamente bueno, y que habría causado males infinitos; prefiero admitir antes la necesidad de la materia y de las generaciones y vicisitudes eternas, que a un Dios que libremente habría sido el creador de desdichados.

Se responde a este ateo: la palabra *bueno, feliz*, es equívoca. Lo que es malo para vos es bueno en el ordenamiento general. La idea de un Ser infinito, todopoderoso, omnisciente y omnipotente, no choca contra nuestra razón. ¿Negaréis un Dios, porque tuvisteis un acceso de fiebre? Decís que os debe la felicidad: ¿qué razón tenéis para pensar así? ¿por qué os debería tal felicidad? ¿Qué acuerdo mantiene con vos? ¿Sólo os falta ser siempre feliz en la vida para reconocer un Dios? Vos que no podéis en nada ser perfecto, ¿por qué pretenderíais ser perfectamente feliz? Mas supongamos que en una dicha continua de cien años, tengáis un dolor de cabeza, ¿os llevaría tal momento de pena a negar un creador? No es probable. Ahora bien, si un cuarto de hora de sufrimiento no os detiene , ¿por qué dos horas, por qué un día, por qué un año de tormentos os harán rechazar la idea de un artesano supremo y universal?.

Está comprobado que existe más bien que mal en este mundo, puesto que de hecho pocos hombres desean la muerte; estáis pues equivocado al denunciar, en nombre del género humano, y mucho más aún al renegar de vuestro soberano, con el pretexto de que algunos de sus súbditos son desgraciados.

Nos gusta murmurar; es placentero lamentarse, pero lo es mucho más vivir. Nos complace reparar sólo en el mal y exagerarlo. Leed las historias, se nos dice; no son más que una sarta de crímenes y desdichas. De

acuerdo, pero las historias sólo son una descripción de los grandes eventos. Sólo se conserva la memoria de las tempestades; no se retiene la calma. No se piensa que desde hace cien años no ha habido una sedición en Pekín, en Roma, en Venecia, en París, en Londres; que, en general, son más los años de tranquilidad en todas las grandes ciudades que los de reveses; que hay más días inocentes y serenos que días marcados por grandes crímenes y grandes desastres.

Si habéis examinado las relaciones existentes en los resortes que tiene un animal, y los designios que irrumpen por todas partes sobre el modo en que este animal recibe la vida, la mantiene y la da, reconoceréis fácilmente a ese supremo artesano. ¿Cambiaríais de sentimiento porque los lobos devoran ovejas y las arañas atrapan moscas? ¿No veis, por el contrario, que estas generaciones continuas, permanentemente devoradas y permanentemente reproducidas, entran en el plan del universo? Sólo veo habilidad y poderío, respondéis, pero no bondad. ¡Pero cómo! Cuando en un corral criáis animales para después degollarlos, no querríais que se os llamase *malvado*; ¡y, sin embargo, acusáis de crueldad al dueño de todos los animales, que los hizo para ser comidos! Por último, si podéis ser feliz durante toda la eternidad, ¿vale la pena hablar de algunos dolores en este instante pasajero que se llama *vida*? Y si tal eternidad no es de vuestra incumbencia, básteos esta vida ya que la amáis.

Os parece que el creador no es *bueno* porque existe el *mal* sobre la tierra. Además, la necesidad que diese lugar a un Ser supremo, ¿acaso sería algo mejor? En el sistema que admite un Dios, sólo hay dificultades a superar. Y en los otros sistemas, absurdos que digerir.

La filosofía nos muestra muy bien que hay un Dios; pero es impotente para enseñarnos lo que él es y qué hace, cómo y por qué lo hace; si existe en el tiempo, si existe en el espacio, si reinó alguna vez o si todavía actúa, y si está en la materia o no lo está, etc., etc. Habría que ser él mismo para saberlo.[9]

CAPITULO II

DEL ESPACIO Y DE LA DURACION COMO PROPIEDADES DE DIOS

Sentimiento de Leibniz. Sentimiento y razones de Newton. Materia infinita imposible. Epicuro debía admitir un Dios creador y gobernador. Propiedades del espacio puro y de la duración.

Newton considera el espacio y la duración como dos seres cuya existencia se deduce necesariamente del mismo *Dios*; como el Ser infinito es omnipresente, entonces todo lugar existe; el Ser eterno dura toda la eternidad, luego una duración eterna es real.

Al final de las cuestiones de su *Optica* se le escapó a *Newton* lo siguiente: *¿No permiten observar, tales fenómenos de la naturaleza, que existe un ser incorpóreo, vivo, inteligente, omnipresente, que en el espacio infinito, así como en su sensorium, todo lo ve, discierne y comprende de la manera más íntima y más perfecta?*

El célebre filósofo *Leibniz*, que con anterioridad había reconocido con *Newton* la realidad del espacio puro y de la duración, pero que durante mucho tiempo no compartia ninguna opinión de *Newton*, y que se puso en Alemania al frente de una escuela opuesta, atacó estas expresiones del filósofo inglés, en una carta escrita en 1715 a la difunta reina de Inglaterra, esposa de *Jorge II*. Esta princesa, digna del trato con *Leibniz* y *Newton*, medió en la disputa entablada por carta entre las dos partes. Pero enemigo de toda polémica y avaro de su tiempo, Newton permitió que el doctor *Clarke*, su discípulo en física y por lo menos su igual en metafísica, le sustituyera en la polémica. La disputa versó sobre todas las ideas metafísicas de *Newton*; y tal vez sea el más bello monumento que tenemos de combates literarios.[10]

Clarke comenzó por justificar la analogía del *sensorium*[11] que empleó *Newton*; estableció que ningún ser puede actuar, conocer, ver allí en donde no está; ahora bien, actuando y viéndolo todo, DIOS actúa y ve en todos los puntos del espacio, el cual y sólo en este sentido puede ser considerado como su *sensorium*, habida cuenta de la imposibilidad de expresarnos en cualquier lengua cuando osamos hablar de *DIOS*. *Leibniz* sostiene que el espacio no es nada, salvo la relación que concebimos entre los seres coexistentes; nada, salvo la ordenación de los cuerpos, su distribución, sus distancias, etc. Como *Newton*, *Clarke* sostiene que si el espacio no es real, se concluye un absurdo: porque si DIOS colocó la Tierra, la Luna y el Sol allí donde están las estrellas fijas, deseando que la Tierra, la Luna y el Sol mantuviesen entre sí el orden que tienen, estarían en el mismo lugar en que actualmente se encuentran; lo que es una contradicción en los términos.

Según Newton, es necesario pensar que la duración, como el espacio, son algo muy real; porque si la duración sólo fuese orden de sucesión entre las criaturas, se concluiría que lo hecho en el presente y lo que se hizo hace miles de años, habrían tenido lugar en el mismo instante; lo que es completamente absurdo. Por último, el espacio y la duración son cantidades; son pues, algo muy positivo.

Es bueno prestar atención a ese antiguo argumento, al que nunca se ha respondido: si un hombre en los límites del espacio extiende su brazo, este brazo debe estar en el espacio puro porque no está en la nada; y si se responde que aún está en la materia, el mundo, en tal caso, es entonces realmente infinito; luego, en este sentido, el mundo es DIOS.

El espacio puro, el vacío, existe entonces tanto como la materia, más aún, existe necesariamente; en cambio la materia, según *Clarke*, sólo existe por la libre voluntad del creador.

Pero, se replica, vos admitís un espacio inmenso, infinito, ¿por qué no decís lo mismo de la materia, como tantos filósofos antiguos? *Clarke* responde: El espacio existe necesariamente porque DIOS existe necesariamente; es inmenso; como la duración, es un modo, una propiedad infinita de un ser necesariamente infinito. La materia no es nada de eso, no existe necesariamente; y si tal sustancia fuese infinita, sería o una propiedad esencial de DIOS, o DIOS mismo; por tanto no es ni lo uno ni lo otro; luego no es infinito, y no podría serlo.

Se puede responder a *Clarke*: la materia existe necesariamente, sin ser por ello infinita, sin ser DIOS; existe porque existe, es eterna porque existe en el presente. No corresponde a un filósofo admitir lo que no puede concebir. Ahora bien, no podéis concebir la materia ni creada ni destruida: bien puede ser eterna por naturaleza; y DIOS bien puede tener, por su naturaleza, el inmenso poder de modificarla, y no el de sacarla de la nada: ya que sacar el ser de la nada es una contradicción; mas no existe contradicción al suponer la materia necesaria y eterna, y a DIOS necesario y eterno. Si el espacio existe por necesidad, la materia existe también por necesidad. Deberíais entonces admitir tres seres; el espacio cuya existencia será real, aunque no hubiese ni materia ni DIOS; la materia, que, no pudiendo surgir de la nada, necesariamente está en el espacio; y DIOS, sin quien la materia no podría estar organizada y animada.

Newton mismo, al final de su óptica, parece que previno tales dificultades. Afirma que el espacio es una consecuencia necesaria de la existencia de DIOS. Propiamente hablando, DIOS no está ni en el espacio, ni en un lugar; pero estando necesariamente en todas partes, DIOS constituye por ello mismo el espacio inmenso y el lugar. Igualmente, la duración, la permanencia eterna, es una consecuencia indispensable de la existencia de DIOS. Él no está ni en la duración infinita, ni en un tiempo, sino que existe eternamente; constituye, de ese modo, la eternidad y el tiempo. He ahí la explicación de *Newton*, aunque no resolvió totalmente el problema; parece que no se atrevió a aceptar que DIOS está en el espacio: tenía horror a las disputas.

El espacio inmenso, extenso, inseparable, puede concebirse en porciones; por ejemplo, el espacio en donde está *Saturno* no es el espacio donde está *Júpiter*; mas no podemos separar las partes concebidas; no se puede colocar una en lugar de otra, de la misma manera que no podemos colocar un cuerpo en lugar de otro. Igualmente la duración infinita, inseparable y sin partes, puede concebirse en porciones sin que jamás podamos imaginar una parte de duración en lugar de otra. Los seres existen en un cierto lapso de duración que se denomina *tiempo*, y pueden existir en cualquier otro tiempo; pero una parte dada de duración, un tiempo cualquiera, no puede estar más que donde está; el pasado no puede ser el futuro.

El espacio y la duración son pues, según *Newton*, dos atributos necesarios, inmutables, del Ser eterno e inmenso. Sólo DIOS puede

conocer todo el espacio; sólo DIOS puede conocer toda la duración. Medimos algunas partes impropiamente denominadas *espacio*, por medio de los cuerpos extensos que tocamos. Medimos partes propiamente llamadas *duración*, por medio de los movimientos que percibimos.

No se entra aquí en los detalles de las pruebas físicas reservadas para otros capítulos; basta observar que en todo lo relativo al espacio, la duración, los límites del mundo, *Newton* mantenía las antiguas opiniones de *Demócrito*, de *Epicuro* y de una multitud de filósofos que fueron corregidos por nuestro célebre *Gassendi*. *Newton* dijo varias veces a algunos franceses, todavía vivos, que consideraba a *Gassendi* una inteligencia muy justa y muy sabia, y que se vanagloriaba de coincidir completamente con él en todas las cosas que acabamos de comentar.

CAPITULO III

DE LA LIBERTAD EN DIOS, Y DEL GRAN PRINCIPIO DE LA RAZON SUFICIENTE

Principios de Leibniz, llevados tal vez demasiado lejos. Sus razonamientos seductores. Respuesta. Nuevas instancias contra el principio de los indiscernibles.

Sostenía Newton que DIOS, tan infinitamente libre como infinitamente poderoso, ha hecho muchas cosas que no tienen otra razón de existencia que su propia voluntad. Por ejemplo, que los planetas se muevan de Occidente a Oriente y no de otra forma; que haya tal número de animales, estrellas, mundos, y no otro; que el universo finito esté en tal o cual lugar del espacio, etc. tiene como única razón la voluntad del Ser supremo.

El célebre *Leibniz* pretendía lo contrario, y se apoyaba en un antiguo axioma otrora empleado por *Arquímedes*: *nada se hace*, decía, *sin causa o sin razón suficiente*, y *DIOS* todo lo ha hecho de la mejor manera, porque si no lo hubiese hecho como lo mejor, no habría tenido razón para hacerlo. Mas nada es mejor en las cosas indiferentes, decían los newtonianos; pero no hay cosas indiferentes, respondían los leibnizianos. Vuestra idea conduce a la fatalidad absoluta, decía *Clarke*; hacéis de DIOS un ser que actúa por necesidad y, por consiguiente, un ser puramente pasivo: éste no es DIOS. Vuestro DIOS, respondía *Leibniz*, es un obrero caprichoso que se determina sin razón suficiente. La voluntad de DIOS es su razón, respondía el inglés. *Leibniz* insistía y atacaba de este modo tan contundente.

No conocemos dos cuerpos enteramente semejantes en la naturaleza, y no puede ser de otra forma; ya que si fueran semejantes, ello, en primer lugar, indicaría una carencia de fecundidad y de poder en el DIOS todopoderoso y ubérrimo. En segundo lugar, no habría ninguna razón

para que uno estuviera en este lugar antes que el otro.

Los newtonianos responden: en primer lugar, es falso que varios seres semejantes indiquen esterilidad en el poder del creador; porque si los elementos de las cosas deben ser absolutamente semejantes para producir efectos semejantes, si, por ejemplo, los elementos de los rayos eternamente rojos de luz, si los elementos del agua deben ser los mismos para formar el agua, esta perfecta semejanza, esta identidad, lejos de ir contra la grandeza de DIOS, me aporta uno de los más bellos testimonios de su poder y de su sabiduría.

Si me atreviera aquí a agregar algo a los argumentos de un *Clarke* y de un *Newton*, y me tomara la libertad de disputar contra un *Leibniz*, diría que sólo existe un ser infinitamente poderoso que pueda hacer cosas perfectamente semejantes. Cualquiera que sea el empeño que ponga un hombre en hacer tales obras, jamás podrá conseguirlo, porque su vista nunca será tan aguda como para discernir las desigualdades de ambos cuerpos; sería pues indispensable ver lo infinitamente pequeño para que todas las partes de un cuerpo sean semejantes a las de otro. Luego se trata de una competencia única del Ser infinito.

En segundo lugar, pueden añadir los newtonianos, combatimos a Leibniz con sus propias armas: si los elementos de las cosas son siempre diferentes, si las partes elementales de un rayo rojo no son enteramente semejantes, no hay entonces ninguna razón suficiente para que partes diferentes produzcan siempre un efecto invariable.

En tercer lugar, podrían decir los newtonianos, si os preguntáis por la razón suficiente en virtud de la cual este átomo A está en un lugar, y este átomo B, enteramente semejante, está en otro lugar, esa razón reside en el movimiento que los impulsa; y si os interrogáis por la razón de ese movimiento, o bien estáis forzados a decir que el movimiento es necesario, o bien reconoceréis que DIOS lo ha comenzado. Si os cuestionáis por último, por qué DIOS lo ha comenzado, ¿qué otra razón suficiente podríais encontrar, aparte de que era necesario que DIOS ordenara el movimiento para ejecutar las obras que había proyectado su sabiduría? ¿Pero por qué ese movimiento a derecha y no a izquierda, hacia Occidente y no hacia Oriente, con esa y no otra duración? ¿No es, pues, indispensable recurrir a la voluntad del creador? ¿Mas, hay en ello una libertad indiferente?; esto queda al examen de todo lector sabio y lo examinará largo tiempo antes de poder juzgar.

CAPITULO IV

DE LA LIBERTAD EN EL HOMBRE

Excelente obra en contra de la libertad; tan buena, que el doctor Clarke la replicó con injurias. Libertad de indiferencia. Libertad de espontaneidad. Privación de libertad, algo muy común. Objeciones poderosas en contra de la libertad.

Según *Newton* y *Clarke*, el ser infinitamente libre comunicó al hombre, su criatura, una porción limitada de esta libertad; y no se entiende aquí por *libertad* la simple capacidad de aplicar su pensamiento a tal o cual objeto, y de comenzar el movimiento. No se entiende solamente la facultad de querer, sino la de querer muy libremente, con voluntad plena y eficaz, e incluso de querer a veces sin otra razón que la voluntad. No existe ningún hombre sobre la tierra que algunas veces no crea sentir que posee esta libertad. Varios filósofos piensan de manera opuesta; creen que todas nuestras acciones son necesarias, y que sólo disponemos de la libertad de arrastrar, a veces de buen grado, las cadenas a las que nos ata la fatalidad.

De todos estos filósofos que de forma atrevida han escrito en contra de la libertad, quien indiscutiblemente lo hizo con más método, rigor y claridad fue *Collins*, magistrado de Londres y autor del libro *La Libertad de pensar* y de otras obras tan intrépidas como filosóficas.[12]

Clarke, quien compartía enteramente el sentimiento de *Newton* sobre la libertad y, por lo demás, reunía los atributos de teólogo de una secta singular, así como de filósofo, respondió enérgicamente a *Collins*, destilando tal acritud en sus razones, que nos hizo pensar que, cuanto menos, sentía toda la fuerza de su enemigo. Así, le reprocha confundir todas las ideas al considerar *Collins* al hombre *un agente necesario*. Clarke dice que en ese caso el hombre no es agente; mas, ¿quién no vé en esto un verdadero

embrollo? *Collins* llama *agente necesario* a todo lo que produce efectos necesarios. ¿Qué importa llamarlo *agente* o *paciente*?, la cuestión es saber si está determinado necesariamente.

Tal parece que si se pudiera encontrar un solo caso en que el hombre fuera verdaderamente libre con la libertad de la indiferencia, ello bastaría por sí mismo para decidir la cuestión. Ahora bien, ¿qué otro caso tomaríamos sino aquél en que quisiéramos poner a prueba nuestra libertad? Por ejemplo, se me propone girar a derecha o a izquierda, o hacer tal acción a la cual no me mueve ningún placer y de la cual no me aparta ninguna aversión. Yo escojo entonces, y no sigo el *dictamen* de mi entendimiento que me representa lo mejor; porque aquí no hay mejor ni peor. ¿Qué hago entonces? Ejerzo el derecho que me ha concedido el creador de querer y de actuar en ciertos casos sin otra razón que mi propia voluntad. Tengo el derecho y el poder de comenzar el movimiento, y de comenzarlo como quiera. Si, en este caso, no se puede señalar otra causa que mi voluntad, ¿por qué buscarla fuera de mi propia voluntad? Luego parece probable que no dispongamos de la libertad de indiferencia en las cosas indiferentes. Porque, ¿quién podrá decir que DIOS no nos ha hecho, o no ha podido hacernos tal presente? Y si pudo hacerlo, y si sentimos en nosotros ese poder, ¿cómo asegurar que no lo tenemos?.

Se tacha de quimera esta libertad de indiferencia; se dice que determinarse sin razón sería propio de insensatos: pero no se piensa que los insensatos son enfermos que no tienen ninguna libertad. Están necesariamente determinados por el vicio de sus órganos; por sí mismos. Es libre quien se determina a sí mismo; ahora bien, ¿por qué no nos determinaríamos a nosotros mismos tan sólo por nuestra voluntad en las cosas indiferentes?

Poseemos la libertad llamada de *espontaneidad* en todos los demás casos; es decir, que cuando tenemos motivos, nuestra voluntad se determina por ellos: y tales motivos siempre son consecuencia final del entendimiento o del instinto; así, cuando mi entendimiento me manifiesta que para mí es mejor obedecer la ley que violarla, obedezco a la ley con libertad espontánea; hago voluntariamente lo que el último *dictamen* de mi entendimiento me obliga a hacer. Jamás se aprecia mejor esta especie de libertad que cuando la voluntad combate nuestros deseos. Siento una pasión violenta; pero mi entendimiento concluye que debo resistir a tal pasión; me representa un mayor bien en la victoria que en el sometimiento

a mi gusto. Este último motivo se impone sobre el otro, y combato mi deseo con mi voluntad; obedezco necesariamente, pero de buen grado, a esta orden de mi razón; no hago lo que deseo, sino lo que quiero; y en ese caso soy libre con toda la libertad que tal circunstancia puede hacerme susceptible.

Por último, no soy libre en ningún sentido cuando mi pasión es demasiado fuerte y mi entendimiento demasiado débil, o cuando mis órganos están perturbados; y, desafortunadamente, éste es el caso en que a menudo se encuentran los hombres; por consiguiente, me parece que la libertad espontánea es al alma lo que la salud al cuerpo; algunas personas la disfrutan entera y durable; muchas la pierden con frecuencia; otras están enfermas toda su vida; considero que las demás facultades del hombre están sometidas a idénticas desigualdades. La vista, el oído, el gusto, la fuerza, el don de pensar, unas veces son más fuertes y otras más débiles; nuestra libertad es como lo demás, limitada, variable; en una palabra, muy poca cosa, porque el hombre es muy poca cosa.[13]

La dificultad para conciliar la libertad de nuestras acciones con la eterna presciencia de DIOS no desalentaría a *Newton*, porque él no se metía en tal laberinto; una vez establecida la libertad, no nos corresponde determinar cómo prevé DIOS aquello que haremos libremente. No sabemos de qué manera ve DIOS realmente lo que ocurre. No tenemos ninguna idea sobre su forma de ver; ¿por qué la tendríamos de la manera de prever? Todos sus atributos deben sernos igualmente incomprensibles.

Hay que confesar que contra esta idea de libertad se esgrimen objeciones que horrorizan. En primer lugar se observa que esta libertad de indiferencia sería un regalo bien frívolo si tan sólo se redujese a escupir a derecha o a izquierda, y a elegir par o impar. Lo que importa es que *Cartouche* y *Sha-Nadir* tengan la libertad de no verter la sangre humana. Poco interesa que *Cartouche* y *Sha-Nadir* sean libres de adelantar el pie izquierdo o el pie derecho. Además se descubre que esta libertad de indiferencia es imposible: porque, ¿cómo decidirse sin razón? Tú quieres, ¿pero por qué quieres? Se te propone par o impar; escoges par, y no encuentras el motivo; mas tu motivo es que par se te viene a la imaginación en el instante en que hay que hacer la elección.

Todo tiene su causa, luego tu voluntad tiene una. No se puede entonces desear sino como consecuencia de la última idea recibida.[14] Nadie puede conocer la idea que tendrá en un momento, luego nadie es dueño de sus

ideas; nadie es dueño de desear o no desear. Si se fuese dueño se podría hacer lo contrario de aquello que DIOS ha establecido en el orden de las cosas de este mundo. Así, cada hombre podría cambiar, y cambiaría de hecho, el orden eterno en cada instante.

He ahí por qué el sabio *Locke* no osa pronunciar la palabra *libertad*; una voluntad libre le parece sólo una quimera. No conoce otra libertad más que la capacidad de hacer lo que se quiere. El gotoso no tiene la libertad de caminar, ni el prisionero la de salir. Uno está libre cuando es curado, el otro cuando se le abre la puerta.

Para aclarar estas horribles dificultades, imagino que *Cicerón* quiso probar a *Catilina* que no debía conspirar contra su patria. *Catilina* le dice que él no es el instigador o inductor; que sus últimas conversaciones con *Cethegus* le han llevado a la idea de la conspiración; que esta idea le satisface más que otra, y que no puede sino desearla después de su último juicio. Pero podríais, replica Cicerón, adoptar conmigo otras ideas. Emplead vuestro entendimiento en escucharme y en reconocer que es menester ser buen ciudadano. Por más que lo intento responde *Catilina*, vuestras ideas me indignan, y se impone el deseo de asesinaros. Lamento vuestro frenesí, le dice *Cicerón*, tratad de tomar mis remedios. Si estoy frenético, continúa *Catilina*, no tengo la maestría de curar. Mas, le responde el cónsul, los hombres disponen de un sustrato de razón que pueden consultar, y que puede remediar ese trastorno de órganos que os hace perverso, sobre todo cuando no es demasiado importante. Indícame, responde *Catilina*, cómo puede el desorden ceder al remedio: en mi caso reconozco que, desde el primer momento en que conspiré, todas mis reflexiones me han conducido a la conjura. ¿Cuándo comenzasteis a tomar tan funesta determinación?, le pregunta el cónsul. Cuando perdí mi dinero en el juego. Pues bien, ¿no podíais absteneros de jugar?. No, porque la idea del juego se me impuso aquel día sobre todas las demás; y si no hubiese jugado, habría alterado el orden del universo, que establecía que *Quartilla* me ganaría cuatrocientos mil sestercios, que con ellos adquiriría una casa y una amante, que de tal amante nacería un hijo, que *Cethegus* y *Lentelus* vendrían a mi casa y que conspiraríamos contra la república. El destino me ha hecho un lobo y a vos un perro pastor; el destino decidirá quién de los dos debe degollar al otro. A lo cual Cicerón no habría podido responder más que con una *catilinaria*. En efecto, es necesario convenir que apenas se puede responder a las objeciones contra la libertad sino con una elocuencia vaga: triste tema

sobre el cual el más sensato incluso teme atreverse a pensar.

Una sola reflexión consuela: sea cual sea el sistema que se abrace, sea cual sea la fatalidad a que se crean sometidas todas nuestras acciones, siempre se actuará como si fuéramos libres.[15]

CAPITULO V

DUDAS SOBRE LA LIBERTAD QUE SE LLAMA DE INDIFERENCIA[16]

1. Las plantas son seres organizados en los que todo ocurre necesariamente. Algunas plantas dependen del reino animal y de hecho son animales dependientes de la tierra.
2. Tales animales plantas que poseen raíces, hojas y sentimientos, ¿poseerían una libertad?. No lo parece.
3. ¿No tienen los animales un sentimiento, un instinto, un principio de razón, una medida para sus ideas y memoria? ¿Qué es en el fondo este instinto?, ¿no será uno de esos resortes secretos que no conoceremos jamás? Nada puede conocerse sino por el análisis, o por una sucesión de eso que llamamos *primeros principios*; ahora bien, ¿qué análisis o qué síntesis nos permitirá conocer la naturaleza del instinto? Sólo sabemos que este instinto necesariamente siempre se ve acompañado de ideas. Un gusano de seda tiene la perfección de la hoja que lo nutre, la perdiz la del gusano que busca y que traga, el zorro la de la perdiz que come, el lobo la del zorro que devora. No es verosímil que tales seres posean lo que llamamos *libertad*. Luego se puede tener ideas sin ser libre.
4. Los hombres reciben y combinan ideas en su sueño. No se puede decir entonces que sean libres. ¿No es ésta una nueva prueba de que se puede tener ideas sin ser libre?
5. Por encima de los animales, el hombre posee el don de una memoria más vasta. Tal memoria es la única fuente de todos los pensamientos. ¿Podría esa fuente, común a los animales y a los hombres, producir libertad? ¿Las ideas elaboradas en un cerebro serían de naturaleza completamente distinta a las ideas no elaboradas en otro cerebro?

6. ¿No están todos los hombres determinados por su instinto?, ¿y no es ésta la razón por la cual jamás cambian de carácter? ¿No es tal instinto el llamado *natural*?
7. Si se fuera libre, ¿cuál sería el hombre que no cambiara su naturaleza? Pero, ¿se ha visto alguna vez en la tierra a algún hombre que sólo se diese un gusto? ¿Se ha visto alguna vez a un hombre nacido con aversión al baile darse el gusto de bailar, a un hombre sedentario y perezoso pretender el movimiento?; la edad y los alimentos, ¿no disminuyen las pasiones que la razón pretende haber domeñado?
8. ¿No es siempre la voluntad consecuencia de las últimas ideas recibidas? Siendo tales ideas necesarias, ¿no lo es también la voluntad?
9. ¿Es la libertad una cosa distinta del poder o no de actuar? y ¿no tuvo razón *Locke* al denominar *poder* a la libertad?
10. El lobo tiene la percepción de algunas ovejas que pastan en una campiña; su instinto lo lleva a devorarlas; los perros se lo impiden. Un conquistador tiene la percepción de una provincia que su instinto le empuja a invadir; se tropieza con fortalezas y con ejércitos que le impiden el paso. ¿Existe gran diferencia entre aquel lobo y este príncipe?
11. ¿No parece este universo sometido en todas sus partes a leyes inmutables? Si un hombre pudiese dirigir a su antojo la voluntad, ¿no es claro que entonces podría alterar tales leyes inmutables?
12. ¿Por qué privilegio no habría de estar el hombre sometido a la misma necesidad que los astros, los animales, las plantas y el resto de la naturaleza?
13. ¿Es razonable decir que en este sistema de la fatalidad universal, las penas y las recompensas serían inútiles y absurdas? ¿Acaso no es en el sistema de la libertad donde parecen más claramente inútiles y absurdas las penas y las recompensas? En efecto, si un salteador de caminos posee una voluntad libre, determinándose únicamente por sí misma, el temor al tormento bien puede no determinarlo a renunciar al bandidaje; pero si únicamente influyen las causas físicas, si el aspecto de la horca y del suplicio de la rueda producen una impresión necesaria y violenta, entonces la voluntad corrige necesariamente al malvado que es testigo del suplicio de otro malvado.
14. Para saber si el alma es libre, ¿no sería necesario saber qué es el alma? ¿existe un hombre que pueda presumir de que la sola razón le

demuestre la espiritualidad, la inmortalidad del alma? Casi todos los médicos convienen en que el principio del sentimiento está allí donde se reúnen los nervios en el cerebro. Pero este lugar no es un punto matemático. El origen de cada nervio tiene extensión. Hay allí un timbre donde suenan los cinco órganos de nuestros sentidos. ¿Qué hombre podrá aducir que este timbre no ocupa lugar? ¿No somos autómatas nacidos para desear siempre, para hacer unas veces lo que queremos y, otras, lo contrario? Desde las estrellas al centro de la tierra, fuera y dentro de nosotros, toda sustancia nos es desconocida. Sólo vemos apariencias: nos encontramos en un sueño.

15. Que dentro de este sueño se considere la voluntad libre o esclava, organizada la abyección en la que estamos inmersos, dotada de una facultad inmortal o perecedera; se piense como *Epicuro* o como *Sócrates*, las ruedas que mueven la maquinaria del universo serán siempre las mismas.[17]

CAPITULO VI

DE LA RELIGION NATURAL

Reproche poco fundado de Leibniz a Newton. Refutación de una creencia de Locke. El bien de la sociedad. Religión natural. Humanidad.

En su disputa con *Newton*, *Leibniz* le reprocha presentar ideas demasiado triviales de DIOS y arruinar la religión natural; pretendía que *Newton* hacía corporal a DIOS, y esta imputación, como vimos, se fundaba en la palabra *sensorium*, órgano. Agregaba que el Dios de *Newton* había hecho de este mundo una máquina demasiado deficiente, que necesitaba ser afinada (es la palabra utilizada por *Leibniz*. *Newton* había dicho: *manum emendatricem desideraret*). Tal reproche se funda en que, según dice *Newton*, con el tiempo los movimientos disminuirán, las irregularidades de los planetas aumentarán y el universo perecerá, o será reestablecido por su autor.

Está bien claro, por la experiencia, que DIOS ha hecho máquinas para ser destruidas. Nosotros somos obra de su sabiduría y perecemos; ¿por qué no habría de ocurrir lo mismo al mundo? *Leibniz* desea que este mundo sea perfecto; pero si DIOS lo ha formado para que dure sólo un cierto tiempo, su perfección consiste en permanecer hasta el instante fijado para su disolución.

En cuanto a la religión natural, ningún hombre ha sido más partidario de ella que *Newton*, aparte del mismo Leibniz, su rival en ciencia y en virtud. Entiendo por religión natural los principios de moral comunes al género humano. *Newton* no admitía, en verdad, ninguna noción innata en nosotros, ni ideas, ni sentimientos, ni principios. Estaba convencido, con *Locke*, de que todas las ideas nos llegan por los sentidos, a medida que los

sentidos se desarrollan; así pues, creía que, habiendo otorgado DIOS los mismos sentidos a todos los hombres, todos debían poseer las mismas necesidades, los mismos sentimientos y, por consiguiente, las mismas nociones vulgares que en todas partes constituyen el fundamento de la sociedad. Está claro que DIOS ha dado a las abejas y a las hormigas algo que las hace vivir en comunidad, y que no dio a los lobos ni a los halcones; es cierto, puesto que todos los hombres viven en sociedad, que en su ser existe un lazo secreto mediante el cual ha querido DIOS unir a unos con otros. Ahora bien, si a cierta edad las ideas obtenidas a través de los mismos sentidos por hombres organizados de la misma manera, no les proveen poco a poco de los mismos principios necesarios a toda sociedad, es todavía más seguro que esas sociedades no subsistirán. He ahí por qué son honradas desde Siam a México, la verdad, la gratitud, la amistad, etc.

Siempre me ha sorprendido que el sabio *Locke*, al comienzo de su tratado sobre el *Entendimiento humano*, al refutar tan bien las *ideas innatas* haya pretendido que no exista ninguna noción del bien y del mal que sea común a todos los hombres. Creo que está en un error.[18] Se funda en relaciones de viajeros que dicen que en ciertos países existe la costumbre de comer niños, y de comerse también a las madres cuando ya no pueden procrear; que en otros se honra con el nombre de *santos* a ciertos apasionados que se sirven de burras en lugar de mujeres; pero, ¿no debería un hombre tan sabio como *Locke* sospechar de tales viajeros? Nada es más común entre ellos que observar mal; informar mal sobre lo que se ha visto; tomar, sobre todo en una nación cuya lengua se ignora, el abuso de una ley por la misma ley, y juzgar, por último, las costumbres de todo un pueblo por un hecho particular cuyas circunstancias se ignoran.

Si el día de un *Auto-de-fe* un Persa pasa por Lisboa, por Madrid, o por Goa, creerá, no sin razón aparente, que los cristianos sacrifican hombres a DIOS; si lee los almanaques que se venden en toda Europa al pueblo humilde, pensará que todos creemos en los efectos de la luna, y sin embargo nosotros no paramos de reírnos de esas creencias. Así, todo viajero que me diga,por ejemplo, que ciertos salvajes se comen a su padre y a su madre por piedad, me permitiría responderle: primero, que el hecho es muy dudoso; en segundo lugar, que si fuese verdadero, lejos de destruir la idea del respeto que se debe a los padres, es probablemente una manera bárbara de demostrarles el cariño, un horrible abuso de la ley natural;

porque si, aparentemente, sólo se mata al padre y a la madre por obligación, para librarlos de las incomodidades de la vejez o de los furores del enemigo, y si luego se les da una tumba en el seno familiar, en lugar de dejar que se los coman los vencedores, tal costumbre, por horrorosa que pueda presentársenos a la imaginación, proviene, sin embargo, necesariamente de la bondad del corazón. La ley natural no es otra cosa que esta ley conocida en todo el universo: haced aquello que quisiérais que se hiciera por vosotros. Así pues, el bárbaro que mata a su padre para salvarlo de su enemigo, y que lo sepulta en su seno por miedo a que por su enemigo no tenga sepultura, desea que su hijo le dé el mismo trato en caso parecido. Tal ley de tratar al prójimo como a sí mismo se deriva naturalmente de las nociones más vulgares y, tarde o temprano, es comprendida por el corazón de todos los hombres; porque, disponiendo todos de la misma razón, es necesario que tarde o temprano los frutos de este árbol se parezcan; y, en efecto, se parecen en que toda sociedad llama *virtud* a aquello que se cree útil a la sociedad.

Que se muestre un país, una compañía de diez personas en donde no se aprecie lo que sea útil para el bien común, y entonces reconoceré que no existe regla natural. Esta norma, sin duda, varía infinitamente; ¿pero qué otra cosa se puede concluir de ahí sino que existe? La materia recibe las formas más diversas, pero siempre mantiene su naturaleza. Por más que se nos diga, por ejemplo, que en Lacedemonia el hurto estaba reglamentado; ello no es más que un abuso de palabras. Lo que nosotros denominamos *hurto* no estaba prohibido en Lacedemonia, sino que en una ciudad en la que todo era comunitario, la autorización para tomar hábilmente lo que algunos particulares se apropiaban en contra de la ley, era una manera de castigar el espíritu de propiedad defendido por otros pueblos. *El tuyo* y *el mio* era un crimen, para el cual lo que llamamos *hurto* era el castigo; y allí y aquí regía la norma, para la cual nos ha dispuesto DIOS, como ha hecho a las hormigas para que vivan juntas.

Newton pensaba, pues, que esta disposición que tenemos de vivir en sociedad es el fundamento de la ley natural.

Existe, sobre todo en el hombre, una tendencia a la compasión, tan ampliamente extendida como nuestros demás instintos. *Newton* cultivó ese sentimiento humano y lo extendió a los animales: estaba fuertemente convencido, como *Locke*, de que DIOS concedió a los animales (que sólo parecen ser materia) una cierta cantidad de ideas y nuestros mismos

sentimientos. No podía pensar que DIOS, que nada hizo en vano, diese a los animales órganos de sentimiento para que no tuvieran ninguno.

Hallaba bastante horrible la contradicción de aceptar que los animales sientan y que se los haga sufrir. Su moral estaba en este punto de acuerdo con su filosofía; cedía con repugnancia a la bárbara costumbre de alimentarnos de la sangre y de la carne de seres semejantes a nosotros, a los que acariciamos todos los días; y no permitió jamás en su casa que se los matara por muertes lentas y rebuscadas, para hacer más deliciosa la comida.

La compasión que tenía por los animales se convertía en verdadera caridad con los hombres. En efecto, sin la humanidad, virtud que comprende todas las virtudes, apenas se merecería el nombre de filósofo.

CAPITULO VII

DEL ALMA, Y DE LA MANERA COMO ESTA UNIDA AL CUERPO, Y COMO SE FORMAN SUS IDEAS

Cuatro opiniones sobre la formación de las ideas: la de los antiguos materialistas, la de Malebranche, la de Leibniz. Opinión de Leibniz combatida.

Como casi todos los buenos filósofos, *Newton* estaba convencido de que el alma es una sustancia incomprensible; y varias personas que convivieron bastante con *Locke* me aseguraron que *Newton* había reconocido ante *Locke que no poseemos tanto conocimiento de la naturaleza como para osar decir que sea imposible a DIOS agregar el don del pensamiento a un ser extenso cualquiera.* Antes de saber cómo la materia llega a ser pensante, la gran dificultad radica más bien en conocer cómo un ser, cualquiera que sea, puede pensar. El pensamiento, ciertamente, no parece tener nada en común con los atributos conocidos en el ser extenso al que llamamos *cuerpo*; pero, ¿conocemos todas las propiedades de los cuerpos? Parece muy atrevido decir a DIOS: habéis podido otorgar el movimiento, la gravitación, la vegetación, la vida a un ser, y no podéis otorgarle el pensamiento.[19]

¡Quiénes dicen que si la materia pudiera recibir el don de pensar, el alma no sería inmortal, razonan muy consecuentemente! ¿Es más difícil para DIOS conservar que hacer? Además, si un átomo indivisible dura eternamente, ¿por qué el don de pensar en él no sería tan duradero? Si no me equivoco, quienes niegan a DIOS la capacidad de agregar ideas a la materia, están obligados a decir que aquello que se denomina *espíritu* es un ser cuya esencia es pensar, con exclusión de todo lo extenso. Ahora bien, si el pensar pertenece a la naturaleza esencial del espíritu, entonces

piensa necesariamente y piensa siempre, como todo triángulo tiene necesariamente y siempre tres ángulos, independientemente de DIOS. ¡Cómo! ¿Basta con que DIOS cree algo que no es materia, para que esa cosa piense absolutamente? Débiles y temerarios como somos, ¿sabemos si DIOS no ha creado millones de seres que no tienen las propiedades del espíritu, ni las de la materia, que nos son conocidas? Nos encontramos en el caso de un pastor que, no habiendo visto más que bueyes, dijera: *si DIOS quiere crear otros animales, es necesario que tengan cuernos y que rumien.* Que se juzgue, pues, qué es más respetuoso hacia la Divinidad, afirmar que existen seres que no le deben el atributo divino del pensamiento, o suponer que DIOS puede dar este atributo al ser que se digne elegir. Se observa, sólo por ello, cuán injustos eran quienes pretendieron incriminar a *Locke* tal sentimiento y combatir con cruel malignidad y con las armas de la religión una idea puramente filosófica.

Por lo demás, *Newton* estaba muy lejos de aventurar una definición del alma, como tantos otros han osado hacer; él creía que es posible la existencia de millones de distintas sustancias pensantes, cuya naturaleza podría ser absolutamente diferente a la naturaleza de nuestra alma. Así, la división de la naturaleza en cuerpo y espíritu que han establecido algunos, parece la definición de un sordo y de un ciego, quienes, al definir los sentidos, no tendrían en cuenta ni la vista ni el oído. En efecto, ¿con qué derecho puede decirse que DIOS no ha ocupado el espacio inmenso con una infinidad de sustancias que nada tienen en común con nosotros?

Newton no creó ningún sistema sobre la manera en que el alma está unida al cuerpo, ni sobre la formación de ideas. Enemigo de los sistemas, todo lo juzgaba mediante el análisis, y sabía detenerse cuando esta antorcha le faltaba.

Hasta el momento, en el mundo ha habido cuatro opiniones sobre la formación de ideas: la primera es la de casi todas las naciones antiguas que, no concibiendo nada más allá de la materia, consideraron las ideas en nuestro entendimiento como la impresión del sello sobre la cera. Esta confusa opinión era sobre todo un instinto grosero antes que un razonamiento. Los filósofos que después quisieron probar que la materia piensa por sí misma, se equivocaron muchísimo más; porque lo vulgar se buscaba sin razonar, y erraban por los principios; jamás ninguno de ellos pudo encontrar en la materia nada que pudiera probar que disponía por sí misma de inteligencia. *Locke* tal vez sea el único que ha suprimido la

contradicción entre materia y pensamiento, recurriendo inmediatamente al creador de todo pensamiento y de toda materia, y diciendo modestamente: *¿No puede hacer pensar a un ser material, un átomo, un elemento de la materia, Aquél que todo lo puede?* Como hombre sabio, se ha limitado a esta posibilidad. Afirmar que la materia piensa realmente porque DIOS ha podido comunicarle tal don, sería el colmo de la temeridad; pero ¿es menos atrevido afirmar lo contrario?

La segunda creencia, y la más aceptada generalmente, es aquella que, considerando al alma y al cuerpo como dos seres que nada tienen en común, afirma, no obstante, que DIOS los creó para que el uno actuase sobre el otro. La única prueba que se tiene de esta acción es la experiencia que cada quien cree poseer. Experimentamos que nuestro cuerpo obedece unas veces a nuestra voluntad, y otras la domina; imaginemos que actúan realmente el uno sobre la otra, porque lo sentimos y nos es imposible indagar más allá. Se hace a este sistema una objeción aparentemente sin réplica: si un objeto exterior, por ejemplo, transmite un temblor a nuestros nervios, ese movimiento irá o no a nuestra alma; si llega a ella, le comunica movimiento, lo que supondría un alma corporal; si no es así, ya no hay acción. Todo lo que se puede responder a lo anterior es que esta acción está entre las cosas cuyo mecanismo siempre ignoraremos; triste manera de concluir, pero casi la única que conviene al hombre en más de una cuestión metafísica.

El tercer sistema es el de las causas ocasionales de *Descartes*, desarrollado más profundamente por *Malebranche*. Comienza suponiendo que el alma no puede tener ninguna influencia sobre el cuerpo y, a partir de ahí, se avanza demasiado; porque no poder concebir la influencia del alma sobre el cuerpo, de ninguna manera implica que sea imposible. Supone también que la materia, como causa ocasional, ejerce una impresión sobre nuestro cuerpo, y que entonces DIOS produce una idea en nuestra alma; que, recíprocamente, el hombre produce un acto de voluntad, y DIOS actúa inmediatamente sobre el cuerpo como consecuencia de tal voluntad: así, el hombre sólo actúa y piensa en DIOS; lo que no tiene sentido, me parece, salvo diciendo que DIOS sólo actúa y piensa para nosotros. Es agobiante el peso de las dificultades que surgen de esta hipótesis; porque, ¿cómo dentro de este sistema puede el hombre querer por sí mismo y no pensar él mismo? Si DIOS no nos dio la facultad de producir movimiento e ideas, si sólo él es quien obra y piensa, sólo él desea. No solamente no

somos más libres, sino que no lo somos en absoluto, o bien somos modificaciones de DIOS mismo. En tal caso, no hay alma, una inteligencia en el hombre, y no vale la pena explicar la unión del cuerpo y del alma, puesto que ella no existe, y sólo existe DIOS.

La cuarta creencia es la de la armonía preestablecida de *Leibniz*. En su hipótesis, el alma no tiene ninguna correspondencia con su cuerpo; son dos relojes que hizo DIOS, cada uno con sus propios resortes, y que durante cierto tiempo están en perfecta correspondencia; uno señala las horas, el otro repica. El reloj que indica la hora no la señala porque el otro tintinea, sino porque DIOS estableció el movimiento de ambos de manera que la aguja y el campaneo estén continuamente relacionados. Así, el alma de *Virgilio* producía la Eneida y su mano escribía la Eneida, sin que esta mano obedeciese de ninguna manera la intención del autor; sino que DIOS estableció desde siempre que el alma de *Virgilio* haría versos, y que una mano del cuerpo de *Virgilio* los pondría por escrito. Sin hablar del extremo embarazo de conciliar la libertad con esta armonía preestablecida, hay además que hacer una objeción muy seria, y es que si, según *Leibniz*, nada es hecho sin una razón suficiente, aprehendida del fondo de las cosas, ¿qué razón tuvo DIOS para reunir dos seres inconmensurables, dos seres tan heterogéneos, tan infinitamente diferentes como el alma y el cuerpo, y tales que el uno no influye nada sobre el otro? Tanto daba colocar mi alma en *Saturno* como en mi cuerpo. La unión del alma y del cuerpo es así una cosa demasiado superflua. Pero el resto del sistema de *Leibniz* es más extraordinario; sus fundamentos pueden encontrarse en el *Supplément aux actes de Leipsick*, tomo VII;[20] y se pueden consultar los amplios comentarios elaborados por varios alemanes con un método totalmente geométrico.

Según *Leibniz* hay cuatro clases de seres simples, a los que llama *mónadas*, como se verá en el capítulo IX. Sólo se habla aquí del tipo de *mónada* llamado *nuestra alma*. El alma, dice, es una concentración, *un espejo vivo de todo el universo*, que contiene en sí todas las ideas confusas de todas las modificaciones de este mundo, presentes, pasadas y futuras. Cuando oyeron hablar de tal opinión, *Newton*, *Locke* y *Clarke* manifestaron por ella un desprecio tan grande como si *Leibniz* no hubiese sido su autor. Pero ya que eminentes filósofos alemanes se han llenado de gloria explicando lo que ningún inglés quiso comprender jamás, me siento obligado a exponer con claridad esta hipótesis del famoso *Leibniz*, tanto

más respetable para mí desde que vos la tomasteis como objeto de vuestras investigaciones.[21]

Todo ser simple, creado, dice, está sujeto a cambio, o de lo contrario sería DIOS. El alma es un ser simple, creado, luego no puede permanecer en un mismo estado; pero al ser compuestos, los cuerpos no pueden producir ninguna alteración sobre un ser simple; se requiere entonces que los cambios surjan de su propia naturaleza. Sus cambios son, pues, ideas sucesivas de las cosas de este universo; algunas de ellas son claras para el alma; pero todas las cosas de este universo, dice *Leibniz*, son a tal punto dependientes unas de otras, tan ligadas para siempre entre sí, que si el alma tiene una idea clara de alguna de ellas, tiene necesariamente del resto ideas confusas y oscuras. Para aclarar esta opinión se podría aportar el ejemplo de un hombre que posee una idea clara de un juego, teniendo al mismo tiempo algunas ideas confusas sobre ciertas combinaciones del mismo. Un hombre que realmente tiene una idea clara de un triángulo, tiene una idea sobre varias propiedades del triángulo, las cuales a su vez pueden mostrarse más claramente a su entendimiento. He ahí en qué sentido la *mónada* del hombre *es un espejo vivo de este universo*.

Es fácil responder a tal hipótesis que si DIOS ha hecho del alma un espejo, le ha salido bastante borroso, y que, si no hay otra razón para proponer suposiciones tan extrañas que la pretendida relación indispensable entre todas las cosas de este mundo, este audaz edificio se construye sobre fundamentos poco comprensibles, puesto que sólo cuando poseemos un conocimiento de las propiedades esenciales del triángulo, tenemos una idea clara del triángulo; y aunque las ideas de todas esas propiedades no se manifiesten enteramente luminosas a nuestro espíritu, si están contenidas en aquella idea clara, ya que mantienen entre sí una relación necesaria. Pero, ¿se halla toda la armazón del universo en este caso? Si restáis una propiedad al triángulo, lo suprimís todo; o si quitáis un grano de arena al universo, ¿cambiará totalmente el resto? Si en cien millones de seres que se suceden dos a dos, los dos primeros intercambian su lugar, ¿cambiarán necesariamente los otros?, ¿no conservan entre sí las ideas de un hombre el mismo encadenamiento que se le supone a las cosas de este mundo? ¿Qué relación, qué mediación necesaria existe entre la idea de noche y los objetos desconocidos que veo al despertarme? ¿Qué encadenamiento existe entre la muerte pasajera del alma en un sueño profundo, o en un desmayo, y las ideas que se reciben al recuperar el

entendimiento?

Todo ser de este universo está sujeto sin duda al universo; pero cualquier acción de todo ser no es la causa de los eventos del mundo. Al traerlo al mundo, la madre de *Brutus* fue una de las causas de la muerte de *César*; pero nada ha importado a Roma que ella haya escupido a derecha o a izquierda. Hay eventos que son efecto y causa a la vez. Hay mil acciones que sólo son efectos sin consecuencias. Las alas de un molino giran y rompen el grano que nutre al hombre: he ahí un efecto que es causa; un poco de polvo se desperdicia: he ahí un efecto que nada produce. Una piedra lanzada al mar Báltico no produce ningún evento en el mar de las Indias. Hay mil efectos que se aniquilan como el movimiento en los fluídos.

Incluso aunque fuese posible que DIOS hubiera hecho todo lo que *Leibniz* imagina, ¿habría que creerlo siendo una mera posibilidad? ¿Qué ha probado con todos estos nuevos esfuerzos?: que poseía un genio inmenso; pero, ¿se ha aclarado y ha aclarado a los demás? ¡Extraña cosa!, no sabemos cómo produce la tierra una brizna de hierba, de qué manera la mujer hace un hijo, y creemos saber cómo formamos las ideas.

Si se quiere conocer lo que *Newton* pensaba sobre el alma y sobre la manera en que opera, y cuál de todas estas creencias aceptaba, responderé que no profesaba ninguna. ¿Qué sabía, pues, sobre esta materia quien había sometido el infinito al cálculo y había descubierto las leyes de la gravitación? Sabía dudar.

CAPITULO VIII

DE LOS PRIMEROS PRINCIPIOS DE LA MATERIA

Examen de la materia primera. Menosprecio de Newton. No existen transmutaciones verdaderas. Newton admite los átomos.

No se trata aquí de examinar qué sistema era más ridículo: aquél que hacía del agua el principio de todo, el que todo lo atribuía al fuego, o aquél que se imagina unos dados ocupando todo el espacio unos al lado de otros y girando sobre sí mismos no sé como.

El sistema más plausible siempre ha sido el que dice que existe una materia primera indiferente a todo, uniforme y capaz de todas las formas, la cual diferentemente combinada configura el universo. Los elementos de tal materia son iguales; ella se modifica de acuerdo a los moldes diferentes por donde pasa, así como un metal en fusión se convierte ya en una urna, ya en una estatua; tal era la opinión de *Descartes*, y está perfectamente de acuerdo con la quimera de sus tres elementos. *Newton* pensaba sobre la materia, en este punto, lo mismo que *Descartes*; pero había llegado a esta conclusión por una vía diferente. Como casi nunca formaba un juicio que no estuviera fundado bien en la evidencia matemática, bien sobre la experiencia, creyó contar con la experiencia en este examen. El ilustre *Robert Boyle*, fundador de la física en Inglaterra, durante largo tiempo había mantenido agua en una retorta a fuego constante: el químico que trabajaba con él creyó que el agua se había transformado finalmente en tierra; el hecho era falso, como después probó *Boerhaave*, físico tan exacto como hábil médico; el agua se había evaporado, y la tierra que en su lugar había aparecido procedía del exterior.[22]

¿Hasta qué punto hay que desconfiar de la experiencia, si engañó a *Boyle* y a *Newton*? Tan grandes filósofos no tuvieron dificultad en creer

que, como las partes primitivas del agua se transformaban en partes primitivas de tierra, los elementos de las cosas son de la misma materia dispuesta diferentemente. Si una experiencia falsa no hubiese conducido a *Newton* a esta conclusión, es de creer que habría razonado de manera diferente. Suplico que se lea con atención lo que sigue.

La única manera con que cuenta el hombre para razonar sobre los objetos es el análisis. Sólo a DIOS corresponde partir inicialmente desde los primeros principios; y si se pudiera, sin blasfemar, comparar a DIOS con un arquitecto y al universo con un edificio, ¿qué viajero, viendo una parte del exterior de una construcción, se atrevería inmediatamente a imaginar todo el artificio del interior? Eso, sin embargo, es lo que han osado hacer casi todos los filósofos con mil veces más temeridad. Examinemos, pues, tal edificio tanto como podamos: ¿qué encontraremos a nuestro alrededor? Animales, vegetales, minerales, en cuyo género incluyo todas las sales, azufres, etc., el limo, la arena, el agua, el fuego, el aire, y nada más, al menos por ahora.

Antes de examinar solamente si tales cuerpos son mixtos o no, me pregunto a mí mismo si es posible que una materia tenida por uniforme, que en sí misma sólo es lo que es, pueda producir, sin embargo, todo lo que hay.

1. ¿Qué es una materia primera que, sin ser ninguna de las cosas de este mundo, produce todas las que son? Es algo de lo que no puedo formarme idea alguna y que, por consiguiente, no debo nunca admitir. Es verdad que, en general no me puedo formar la idea de una sustancia extensa, impenetrable y moldeable, sin asociar mi pensamiento al de la arena o el limo, o al del oro, etc., pero, sin embargo, tal materia es realmente alguna de esas cosas, o no es absolutamente nada. Así mismo puedo pensar en un triángulo en general, sin fijarme en un triángulo equilátero, en el escaleno, en el isósceles, etc., pero no obstante es necesario que un triángulo real sea alguno de ellos. Esta idea sola, bien sopesada, tal vez baste para destruir la opinión de una materia primera.

2. Si una materia cualquiera puesta en movimiento bastase para producir lo que vemos sobre la tierra, no habría ninguna razón para que el polvo bien removido en un tonel no pudiese producir hombres y árboles, ni para que un campo sembrado de trigo no pudiera producir ballenas y cangrejos en lugar de trigo. En vano se respondería que a ello se oponen las formas y ramificaciones que sufren las simientes, pues siempre nos

veríamos remitidos a esta pregunta, ¿por qué esas formas, esas ramificaciones, están tan invariablemente determinadas? Ahora bien, si ningún movimiento, ningún artificio, puede hacer aparecer peces en lugar de trigo en un campo, o un níspero en lugar de un borrego en el vientre de una oveja, ni rosas en lo alto de un roble, ni lenguados en una colmena de abejas, etc.; si todas las especies son invariablemente las mismas, ¿no debo empezar a creer, con alguna razón, que todas las especies han sido determinadas por el dueño del mundo; que existen tantos designios diferentes como especies distintas, y que la materia y el movimiento sólo engendrarían un caos eterno sin tales designios?

Todas las experiencias me confirman en esta creencia. Si, de un lado, examino un hombre y un gusano de seda y, del otro, un pájaro y un pez, a todos los percibo concebidos desde el principio de las cosas; sólo distingo en ellos un desarrollo. El del hombre y el del insecto tienen algunas relaciones y algunas diferencias; el del pez y el del pájaro tienen otras; nosotros somos un gusano antes de ser recibidos en la matriz de nuestra madre donde nos convertimos en crisálidas, ninfas en el útero, cuando estamos dentro de esa envoltura llamada *amnios*;[23] de allí salimos con brazos, piernas, como el gusano sale de su tumba con alas y pies, convertido en mosca; vivimos algunos días como él, y nuestro cuerpo enseguida se desenvuelve como el suyo. Entre los reptiles, unos son ovíparos, otros vivíparos; entre los peces, la simiente es fecundada sin la intervención del macho, que lo único que hace es pasar sobre los huevos depositados para abrirlos. Los pulgones, las ostras, etc., producen sus semejantes por sí mismos, sin la unión de los dos sexos. Los pólipos pueden por sí mismos hacer renacer sus cabezas cuando les son cortadas. Los cangrejos recobran sus patas. Los vegetales, los minerales, se forman muy diferentemente. Cada género de seres es un mundo aparte; y antes de que una materia ciega produzca todo por el simple movimiento, es más verosímil que DIOS formase una infinidad de seres con medios infinitos, puesto que él mismo es infinito.

Esto es lo que en principio supongo al considerar la naturaleza; pero si entro en detalles, si realizo experiencias de cada cosa, he aquí lo que resulta. Hay mixtos, como los vegetales y los animales, de cuya descomposición obtenemos algunos elementos comunes, el espíritu, la flema,[24] el *sulphur*, la sal, el *caput mortum*.[25] Observo otros cuerpos, como los metales, los minerales, de los cuales jamás puedo obtener algo

diferente a sus propias partes reducidas. Jamás el oro puro ha podido dar otra cosa que oro, jamás con el mercurio puro ha podido tenerse algo distinto del mercurio. La arena, el lodo simple, el agua simple, no han podido ser transformados en ninguna otra especie de seres. ¿Qué puedo concluir sino que los vegetales y los animales están compuestos de esos otros seres primitivos que no se descomponen jamás? El hombre y la mosca son, pues, un compuesto de partes minerales, de fango, de arena, de fuego, de aire, de agua, de azufre, de sal;[26] y ninguna de estas partes primitivas podrá jamás descomponerse: son elementos de naturaleza propia e invariable.

Para atreverse a afirmar lo contrario sería necesario haber visto transmutaciones; pero, ¿alguna vez alguien las ha descubierto con el auxilio de la química? ¿No es considerada la piedra filosofal un imposible por todo los espíritus cuerdos?, ¿acaso es más probable en la actual situación transformar sal en azufre, agua en tierra, aire en fuego, que hacer oro con la pólvora de disparar?

Cuando los hombres han creído en las transmutaciones propiamente dichas, ¿no estaban tan engañados por la apariencia, como quienes creyeron que el sol se movía? Porque, ¿quién no habría creído en las transmutaciones, viendo el trigo y el agua convertirse en sangre y en carne en los cuerpos humanos? Sin embargo, ¿qué otra cosa puede ser todo esto si no sales, azufre, fango, etc., distribuidos diferentemente en el trigo y en nuestro cuerpo? Cuanto más reflexiono sobre ello, más me parece que, en rigor, una metamorfosis no es cosa distinta de una contradicción en los términos. Para que las partes primitivas de sal se transformen en partes primitivas de oro, me parece que se requieren dos cosas: aniquilar esos elementos de sal, y crear elementos de oro; he ahí en el fondo lo que son las pretendidas metamorfosis de una materia homogénea y uniforme, admitidas hasta hoy por tantos filósofos; y he aquí mi prueba.

Es imposible concebir la inmutabilidad de las especies, sin que estén compuestas de principios inalterables. Para que tales principios -esas primeras partes constituyentes- nunca cambien, es necesario que sean perfectamente sólidos y, por consiguiente, siempre de la misma figura. Siendo así, no pueden convertirse en otros elementos porque se requeriría que recibiesen otras figuras: luego es imposible que, en la presente constitución de este universo, el elemento que sirve para constituir la sal sea transformado en el elemento del mercurio. No sé por qué *Newton*,

admitiendo los átomos, no extrajo una inducción tan natural. El conocía, como *Gassendi*, átomos verdaderos, cuerpos indivisibles, pero había llegado a tal aserto a través de sus matemáticas; al mismo tiempo creía que esos átomos, esos elementos indivisibles, se transformaban continuamente unos en otros. *Newton* era hombre; podía equivocarse como nosotros.

Se preguntará aquí, sin duda, cómo pueden los gérmenes de las cosas, siendo duros e indivisibles, acrecentarse y extenderse; probablemente sólo se acrecientan juntándose, por contigüidad: varios átomos de agua forman una gota y, de la misma manera, todo lo demás.

Queda por averiguar cómo sucede esta contigüidad, cómo se ligan entre sí las partes de los cuerpos. Quizá sea este uno de los secretos del Creador que jamás serán conocidos por los hombres. Para saber cómo las partes constitutivas del oro forman un pedazo de oro parecería necesario ver esas partes.

Si fuera posible afirmar que la atracción es probablemente la causa de esta adhesión y contigüidad de la materia, esto sería lo más verosímil que podríamos decir: ya que, en verdad, si está demostrado, como veremos, que todas las partes de la materia gravitan unas sobre otras, cualquiera que sea la causa, ¿puede haber nada más natural que pensar que los cuerpos que se tocan en varios puntos son los que se mantienen más unidos por la fuerza de esta gravitación? Pero este no es el lugar para entrar en tales pormenores físicos.[27]

CAPITULO IX

DE LA NATURALEZA DE LOS ELEMENTOS DE LA MATERIA, O DE LAS MONADAS

Creencia de Newton. Creencia de Leibniz.

Si alguna vez hemos debido decir *audax Sapeti genus* es en la búsqueda que los hombres se han atrevido a emprender de esos primeros elementos, aparentemente situados a una distancia infinita de la esfera de nuestros conocimientos. Tal vez no hay nada más modesto que la opinión de *Newton*, quien se limitó a creer que los elementos de la materia son materia, es decir un ser extenso e impenetrable en cuya íntima naturaleza el entendimiento no puede hurgar; que DIOS puede dividir hasta el infinito, como puede aniquilarla, pero que, no obstante, no lo hace y mantiene sus partes extensas e indivisibles para servir de base a todas las producciones del universo.

Por otra parte, tal vez no hay nada más audaz que el esfuerzo realizado por *Leibniz*, partiendo de su principio de la *razón suficiente*, para penetrar, si es posible, hasta el fondo de las causas y en la naturaleza inexplicable de esos elementos. Todo cuerpo, dice, está compuesto de partes extensas; pero, ¿de qué están compuestas estas partes extensas? Realmente, continúa, son divisibles y divididas al infinito: jamás encontraréis entonces algo más que extensión. Ahora bien, afirmar que la extensión es la razón suficiente de la extensión es caer en un círculo vicioso, es no decir nada; se requiere, por consiguiente, encontrar la razón, la causa de los seres externos en seres que no lo son, en seres simples, en *mónadas*: la materia no es, pues, otra cosa que una reunión de seres simples. En el capítulo del *alma* se ha visto que, según *Leibniz*, todo ser simple está sometido al cambio; pero las alteraciones, las determinaciones sucesivas a que está

sometido no pueden proceder del exterior, pues este ser es simple, intangible y no ocupa ningún lugar; luego él mismo es la fuente de todos sus cambios; cuando lo son los objetos exteriores, entonces tiene ideas, si bien mantiene una relación necesaria con todas las partes del universo; tiene pues ideas relativas a todo el universo. Los elementos del más vil excremento tienen pues un número infinito de ideas. Sus ideas, en verdad, no son muy claras; no disponen de la *autopercepción*, como dice *Leibniz*, pues no tienen en sí el testimonio íntimo de sus pensamientos; pero tienen *percepciones* confusas del presente, del pasado y del porvenir. *Leibniz* admite cuatro especies de *mónadas*: 1. los elementos de la materia que no disponen de ningún pensamiento claro; 2. las *mónadas* de los animales con algunas ideas claras y ninguna distinta; 3. las *mónadas* de los entendimientos selectos que disponen de ideas confusas, claras, distintas; 4. por último, la *mónada* de DIOS que sólo tiene ideas adecuadas.

Los filósofos ingleses, ya lo he dicho, sin ningún respeto por los nombres, respondieron a todo esto riéndose; pero a mí sólo me está permitido refutar a *Leibniz* razonando. Me parece que me tomaré la libertad de decir a quienes han defendido tales opiniones: todo el mundo accede al principio de la razón suficiente, pero ¿obtenéis de él una consecuencia bastante justa?

1. Aceptáis la materia realmente divisible al infinito; no es posible entonces encontrar la parte más pequeña. No hay punto que no tenga lados, que no ocupe lugar, que no tenga figura, ¿cómo queréis entonces que esté formada sólo de seres sin figura, sin lugar y sin lados? ¿No contrarías el gran principio de contradicción al querer seguir el de la *razón suficiente*?
2. ¿Es suficientemente razonable que un compuesto no tenga nada semejante a aquello que lo compone? ¿por qué digo «nada semejante»? Entre el ser simple y un ser extenso está el infinito; ¿y queréis que el uno sea hecho con el otro? Quien asegurase que varios elementos de hierro forman oro, que las partes constitutivas de azúcar forman coloquíntida, ¿diría algo más escandaloso?
3. ¿Podéis asegurar que una gota de orina sea una infinidad de *mónadas*, y que cualquiera de ellas tenga las ideas, si bien oscuras, del universo entero; y ello, según vosotros, porque todo es un pleno, porque en el pleno todo está unido, porque estando unido en un conjunto y teniendo una *mónada* necesariamente ideas, no puede tener una

percepción que no contenga todo lo que existe en el mundo?.[28]

Estas son, sin embargo, las cosas que se han creído explicar mediante lemas, teoremas y corolarios. ¿Qué se ha probado así? Lo que dijo *Cicerón*: que no hay nada tan extraño que no sea defendido por filósofos. ¡Oh metafísica! Hemos avanzado tanto como en el tiempo de los primeros druidas.

CAPITULO X

DE LA FUERZA ACTIVA, QUE TODO LO PONE EN MOVIMIENTO EN EL UNIVERSO

Si hay siempre la misma cantidad de fuerzas en el mundo. Examen de la fuerza. Manera de calcular la fuerza. Conclusión de las dos partes.

Supongo, en primer lugar, aceptado que la materia no puede tener movimiento por sí misma; es pues indispensable que lo reciba del exterior; pero no puede recibirlo de otra materia, porque esto sería una contradicción; es necesario entonces que una causa inmaterial produzca el movimiento. DIOS es la causa inmaterial: y se debe aquí tener mucho cuidado con ese axioma vulgar -sólo apropiado a las cosas que se deben explicar mediante causas físicas próximas- de que nunca debe recurrirse a DIOS en filosofía. Por ejemplo, quiero explicar por qué un peso de cuatro libras es contrapesado por un peso de una libra: si digo que DIOS así lo ha dispuesto, soy un ignorante; pero satisfago la cuestión si explico que el peso de una libra está cuatro veces más alejado del punto de apoyo que el peso de cuatro libras. No ocurre así con los primeros principios de las cosas: no recurrir entonces a DIOS es propio de un ignorante; porque o bien no existe DIOS, o no hay primeros principios sino en DIOS.

Es él quien imprimió a los planetas la fuerza que les hace ir de Occidente a Oriente; es él quien mueve a los planetas y al sol sobre sus ejes. Imprimió una ley a todos los cuerpos, en virtud de la cual todos tienden igualmente hacia su centro. Por último, creó animales otorgándoles una fuerza activa que les permite producir movimiento.

La gran cuestión consiste en saber si esta fuerza dada por DIOS para comenzar el movimiento es siempre la misma en la naturaleza.

Sin hacer mención de la fuerza, *Descartes* afirmaba sin probarlo que siempre hay una misma cantidad de movimiento; pero los primeros geómetras, al descubrir las leyes del choque de los cuerpos, encontraron que esta opinión era errónea.

Bernoulli, discípulo de *Leibniz* en metafísica, halló que, aunque la cantidad de movimiento no fuese siempre la misma, la suma de las fuerzas es una cantidad constante; pero para ello era necesario cambiar la forma ordinaria de estimar esta fuerza;[29] así, en lugar de medir el movimiento de un cuerpo multiplicando la masa por su velocidad, como *Mersenne*, *Descartes*, *Newton*, *Varignon*, etc., siempre lo hicieron siguiendo a *Arquímedes*, los *Leibniz*, los *Bernoulli*, los *Herman*, los *Poleni*, los *s'Gravesande*, los *Wolff*,[30] etc. multiplicaron la masa por el cuadrado de la velocidad.

Esta disputa, escándalo de la geometría, dividió a Europa; pero al final me parece que se reconoce que en el fondo es una disputa de términos.[31] Es imposible que tan grandes filósofos, aunque diametralmente opuestos, se equivoquen en sus cálculos. Están igualmente acertados; los efectos mecánicos responden del mismo modo a una y otra manera de contar. Hay, pues, indudablemente un sentido en el que todos tienen razón. Ahora bien, el punto donde tienen razón es el que debe reunirlos; y helo aquí, tal como el doctor *Clarke* lo señaló por primera vez, aunque un poco duramente.

Si consideráis el tiempo en el que un móvil actúa contra obstáculos que retardan su movimiento, la fuerza que habrá consumido antes de llegar al punto de reposo será como el cuadrado de su velocidad por su masa. ¿Por qué?. Porque el tiempo durante el cual habrá actuado será proporcional a esta velocidad inicial. Pero la duración de la acción del cuerpo es un efecto de su fuerza; luego debe depender de la cantidad de dicha fuerza. En ese caso los leibnizianos no se equivocan. Mas también los cartesianos y newtonianos juntos tienen toda la razón cuando consideran el asunto de otro modo; porque dicen: en tiempos iguales un cuerpo de cuatro libras, con un grado de velocidad, actúa precisamente como un peso de una libra con cuatro grados de velocidad. No hace falta considerar qué ocurre a los móviles en tiempos desiguales, sino en tiempos iguales; y ésta es la fuente del malentendido. Así, la nueva manera de considerar las fuerzas es verdadera en un sentido y falsa en otro; entonces sólo sirve para complicar, para enredar una idea simple; luego hay que mantenerse en la antigua

regla. *Newton* nunca adoptó la nueva medida de las fuerzas propuesta por *Leibniz*. En cuanto al principio de conservación de las fuerzas vivas, todavía vivía cuando *Bernoulli* se lo comunicó; pero ya sólo quedaba de él lo que tenía en común con los otros hombres. No pudo por tanto tener una opinión sobre este asunto.

Esto es lo que ha pensado *Newton* sobre la mayor parte de las cuestiones que se refieren a la metafísica. Les toca a ustedes juzgar entre él y *Leibniz*.

Voy a pasar a sus descubrimientos en física.[32]

NOTAS A LA PRIMERA PARTE

1. Como se ha dicho, esta parte fue incluida por primera vez en los *Elementos* en la edición de 1741 y contiene la *Metaphysique de Newton* publicada en Amsterdan el año anterior. Aunque son numerosos los puntos de coincidencia con el *Traité de metaphysique*, no puede decirse que la *Metaphysique* sea un mero resumen del *Traité*; en realidad se trata de dos obras muy diferentes en muchos sentidos. La diferencia fundamental procedería de que el *Traité* no fue escrito para ser publicado, y de ahí que estuviese redactado en términos más radicales y menos conciliatorios.

Según ha explicado I.O. Wade (*The Intellectual...*, pp. 343ss.) el *Traité* fue redactado entre diciembre de 1733 o enero de 1734 y diciembre de 1734, y debe considerarse una ampliación a la carta 13ª de las *Lettres*. En enero y febrero de 1735, Tournemine atacó en las *Memoires des Trevoux* la tesis sobre la materia pensante contenida en dicha carta, y Voltaire comprendió que debía perfeccionar su libro. Durante la segunda mitad de 1735 añadió a los siete capítulos ya redactados los numerados VIII y IX relativos a la moral y que estaban directamente inspirados en el *Essay on the origin of moral virtute* y en la *Fable of the Bees* (texto que estaba traduciendo Mme. du Chatêlet) de Mandeville. A comienzos de 1736 dio una copia del *Traité* a su compañera, siendo esta la versión que publicaron posteriormente los editores de Kehl.

2. *Raissoneur*. Voltaire asigna con frecuencia este término a los jansenistas. Diderot explica que la diferencia entre una persona raissonable y otra raissoneur es que la primera pasa mucho tiempo callado, mientras la segunda no para de dar razones (buenas o malas).

3. En la versión de 1741, Voltaire escribe: «el conocimiento de un Dios no sería más que una idea estéril que dejaría al género humano sin moral y sin virtud».

4. Cfr. Newton, *Principia*, Tercera parte, «Scholium Generale».

5. Este razonamiento no es riguroso; es posible que la gravitación sea esencial a la materia, como la impenetrabilidad, si bien esta propiedad general nos afecta menos y ha sido observada más tarde. La ecuación que existe entre la ordenada de una parábola y su área es tan esencial a esta curva como la relación con la subtangente, aunque hayamos conocido la parábola y esta segunda propiedad mucho antes que la primera (KEHL).

6. Esta prueba es considerada por todos los teístas ilustrados como la única que no se halla por encima de la inteligencia humana; y la dificultad entre ellos y los ateos se reduce a saber cuál es la probabilidad de que en el universo haya un orden que indique que tiene un ser inteligente por autor. El señor de *Voltaire* creía con *Fénélon et Nicole* que esta probabilidad era equivalente a la certeza; otros la encuentran tan débil que prefieren permanecer en la duda; otros, por último, han creído que esta probabilidad era favorable a una causa ciega. Lo que debe consolar a quienes afligen

estas contradicciones es que todos estos filósofos coinciden en la misma moral, y también en que no puede haber felicidad para el hombre más que en la práctica rigurosa de sus deberes (KEHL).

7. Ch. Porset opina que la adhesión al argumento de las causas finales y la hipótesis del orden cósmico, criticados en su *Traité de metaphysique*, se realiza ahora, a sabiendas de que no probaba nada, para complacer a las autoridades, especialmente los jesuitas. Este punto le fue duramente criticado por L.M. Kahle. Cf. Charles Porset, «Louis-Martin Kahle et Voltaire sur les causes finales» *in* Peter Brockmeier, Roland Desné y Jürgen Voss (eds.), *Voltaire und Deutschland*, Sttugart, 1978, pp. 357-372. Ver W. Philipp, «Physicotheology in the age of Enlightenment: appearance and history», *Studies*, 57, 1233-67, 1967.

8. En el *Traité de metaphysique*, inventario para uso personal de las inquietudes metafísicas de Voltaire, cita otro argumento expresado en unos términos justamente célebres: «Yo existo, luego alguna cosa existe. Si alguna cosa existe, alguna cosa entonces ha existido desde toda la eternidad, pues lo que es, o es por sí mismo, o ha recibido su ser de otro». Citado por R. Pomeau, *La Religión...*, p. 199.

9. El *Traité...* expresaba esta idea en unos términos más radicales. Puesto que nada podemos saber sobre Dios, no es posible una prueba incontestable y, en consecuencia, su existencia debe sólo aceptarse «...como la cosa más verosímil que los hombres puedan pensar». Citado por R. Pomeau, *La Religión...*, p. 199.

10. El conflicto entre Newton y Leibniz, aunque antiguo, había quedado limitado a los círculos académicos. Parece que su explosión pública es consecuencia de una provocación consciente de Newton. En la edición de 1706 de la *Optica*, Newton atacó la parte física de la obra de Descartes, respetando a Leibniz y no comentando nada relativo a sus respectivas posiciones filosóficas o teológicas. La situación cambió con el prólogo de Cotes a la edición de los *Principia* de 1713, que según parece, Newton desconocía; allí se acusaba a los defensores del *plenum* de concebir un mundo causado no por la voluntad divina, sino por alguna necesidad surgida de su propia naturaleza. Por aquel entonces nada podría ser más provocador que insinuar que sus doctrinas eran peligrosamente ateas o materialistas. Esto era, de hecho, una declaración de guerra y, así, la misma publicación en Inglaterra en 1717 de la disputa quiso presentarse como un choque entre la filosofía nacional y la continental.

La primera respuesta de Leibniz se materializó en una carta dirigida a la princesa de Wales, en la que se denunciaba la decadencia de su país no sólo de la religión revelada, sino también de la religión natural, señalando a Locke y a Newton como responsables. Se trata de una acusación muy seria en un país donde la polémica sobre el deísmo ya había provocado la expulsión de Whiston de la cátedra de Cambridge, y los mismos Clarke o Newton eran sospechosos de arrianismo. Tal vez por ello la princesa Carolina mostró a Clarke la carta invitándole a responder. Por otra parte, la propuesta no era extraña, pues Clarke ya había actuado otras veces como portavoz de Newton.

En general, en la polémica (muy bien resumida por Voltaire) no se presentaron nuevos argumentos y cada antagonista argumentó desde sus propias convicciones; en muchos sentidos sólo fue un diálogo de sordos donde se repitieron ideas ya conocidas. Véase F. E. L. Priestley, «The Clarke-Leibniz Controversy», *op. cit.*

11. En las *Questions sur l'Encyclopédie* (véase el *Dictionnaire philosophique*, vocablo ESPACE), escribía Voltaire: «Me parece haber oído antes esta gran palabra cuando era joven; actualmente ya no se oye más que en las explicaciones del *Apocalipsis*» (MOLAND).

12. Nótese que en este capítulo y en el siguiente no se cita a Leibniz. Voltaire evolucionó sensiblemente en el tema de la libertad entre octubre de 1737 (fecha en la que recibe de Federico la crítica al extracto del capítulo que le envió) y 1740. En la *Metaphysique de Newton* la adhesión básica que mantuvo a Locke (libertad es hacer lo que uno quiere, *power to act*, se ha modificado notablemente, mostrándose por el contrario muy sensible a las tesis deterministas de A. Collins. En octubre de 1737 (carta a Federico Best. D1376) pensaba no sólo que la libertad era el fundamento de la moral, sino que la sociedad sería un «comercio de mediocridades e hipocresía, si el hombre no tuviese una libertad plena y absoluta». Los textos citados por Voltaire son *Discourse of Freethin King* (1713, trad. francesa de 1714) y *A Philosophycal Enguiry concerning Human Liberty* (1717). Ver W.H. Barber, *Leibniz in France from Arnaud to Voltaire. A Study in French Reactions to Leibnizianism, 1670-1760*, Oxford, 1955, pp. 198 ss.

13. Admite Voltaire que la libertad humana está limitada por las pasiones, mas no se pregunta si también estamos limitados por nuestras estructuras sociales, económicas o fisiológicas. Voltaire, como Federico y Mme. du Chatêlet, están sólo interesados en la causalidad divina, les preocupa saber si es Dios quien actúa valiéndose del hombre, si no seríamos los mortales meras agujas de reloj que son movidas por un mecanismo que el Artesano ocultó. En fin, el problema es cómo conciliar la libertad humana y la presciencia divina.

14. En una edición de 1751 se introduce una variación que sería suprimida en la edición de 1756 y las que le siguieron. «Esta idea depende de nuestros órganos. Si tu sangre está inflamada, si tus nervios y tus músculos están saciados de un licor acre, tus ideas son violentas; en una disposición contraria son dulces. Tus órganos están fuera de tu control: recibes todo, no formas nada; no puedes ya darte una idea que añada un pelo a tu cabeza; entonces no eres más dueño de tu voluntad que de ser rubio cuando naciste moreno. Nadie ...» (MOLAND).

15. Después de una discusión tan confusa, termina el capítulo con una conclusión que no aclara nada, pero que, al menos, hace posible una moralidad social e individual. Porque si el hombre no es libre, ¿cómo se le pueden exigir responsabilidades? Voltaire resuelve el problema considerando que el mero hecho de sentirse libre permite la construcción social de un sistema ético de valores.

16. Este capítulo fue definitivamente incorporado a los *Elementos* a partir de 1756. No existía en las ediciones de 1741 y 1748. (MOLAND).

17. Sea cual sea la postura que se adopte sobre esta espinosa cuestión, es imposible no convenir que en las llamadas acciones libres, el hombre tiene conciencia de los motivos que lo llevan a actuar. Puede entonces conocer qué acciones son conformes a la justicia, al interés general de los hombres, y los motivos que puede haber para realizar tales acciones y evitar las que le son contrarias. Tales motivos actúan sobre él: existe entonces una moral. La esperanza de recompensas y el temor a los castigos están entre los motivos; estos sentimientos pueden, pues, ser útiles; los castigos y recompensas pueden, por consiguiente ser justos. Si cede a un motivo injusto, se sentirá disgustado cuando ese motivo deje de actuar con la misma fuerza; entonces se arrepentirá y tendrá remordimientos. Creerá que, advertido por su experiencia, ese motivo no volverá a tener el poder de atraerlo otra vez: entonces se prometerá no reincidir más. Así, cualquiera que sea el sistema que se tome sobre la libertad, sin exceptuar el fatalismo más absoluto, las consecuencias serán las mismas. En efecto, de acuerdo al fatalismo todo hombre está predeterminado a actuar como lo hizo; pero cuando es él mismo quien se determina, ignora por cuál de las dos acciones que se propone debe determinarse; solamente sabe que es

por aquélla en la que cree ver motivos más poderosos (KEHL).

18. Esta discrepancia con Locke nos permite entender mejor su forma de ser deísta. La mera existencia de Dios, ¿garantizaba la posibilidad de una religión natural? Voltaire opina que no. Era preciso, además, que Dios hubiese puesto algo entre El y los hombres, un instinto natural, una capacidad más o menos espontánea de calificar moralmente nuestras actuaciones. Locke rechazaba las ideas innatas y, en consecuencia, negaba la existencia de una ley natural. Voltaire, sin embargo, cree que aquel instinto es, simultáneamente fundamento y consecuencia de dicha ley, sobre la cual cabe establecer una religión verdadera. Así, su razonamiento articula tres ideas básicas: a) Es verosímil la existencia de Dios; b) Dios ha puesto algo entre El y los hombres; c) Con el método de Newton y el buen sentido, cabe la libertad de identificar los contenidos de la ley natural. Cf. R. Pomeau, *La Religión...*, pp. 212 ss. También I.O. Wade, *The Intellectual...*, *op. cit.*, pp. 629 ss.

19. Cuerpo y alma (extensión y pensamiento) expresaban realidades incompatibles e intraducibles la una a la otra en la filosofía cartesiana. A Locke la rigidez de esta separación no le agradaba y llegó a expresarlo, si bien se trataba para él de un tema secundario. Voltaire y otros filósofos franceses, sin embargo, quisieron que esta cuestión fuese objeto de grandes controversias. En realidad, destruir la tesis cartesiana era muy simple: Dios lo puede todo, incluso dar a la materia el pensamiento, ¿por qué no podría hacerlo, si ya dotó *(endow* era el verbo que usaban los newtonianos) a la materia con la gravedad? La inocente y hasta piadosa apariencia del argumento tenía consecuencias tan envenenadas que obsesionaron a Voltaire durante su etapa de Cirey. Por ejemplo, aceptada la premisa de que el alma podía ser material y, por tanto, mortal. Más aún, como nunca podremos saber si Dios otorgó a la materia esta facultad de pensar, entonces, por el momento, las palabras *materia* y *espíritu* pierden su sentido original, es decir no tienen ninguno. Sobre estos puntos mantuvo una polémica con su antiguo profesor, el jesuita Tournemine (Best. D910, D913 y D963). Véase I.O. Wade, *The Intellectual...*, pp. 401 s.

20. Se trata de la traducción latina de la *Monadologie*, que se publicó en suplemento 7 de 1721 de las *Acta Eroditorum* de Leipzig.

21. Se trata, como se explicó en la Introducción, de una referencia a Mme. du Chatêlet.

22. Esta conversión del agua en tierra es aún un interrogante, si bien la opinión de *Boerhaave* es la más verosímil. Por lo demás, ésta no sería una verdadera transmutación: el agua es una especie de tierra fundible a muy pequeño grado de calor, y esta tierra podría perder tal propiedad en la digestión dentro de los vasos cerrados, o bien combinándose con el fuego libre que pasa a través de los vasos, o en virtud de una nueva combinación de sus propios elementos (KEHL).

23. M. de *Voltaire* sigue aquí el sistema de los gusanos espermáticos. Consultad las notas del artículo GENERACION en el *Diccionario filosófico* (KELH).

24. *Phlegne*, flegme. En la química antigua designaba la parte acuosa, insípida e inodora que producía la destilación de los cuerpos. Junto con la *sal* y la *tète-morte (caput mortum)* no se inflama nunca y es el componente más abundante en la composición de los mixtos, especialmente en las plantas y animales.

25. El término utilizado por Voltaire era *tète-morte*, que los diccionarios históricos de la lengua francesa identifican como un término químico, inscrito en la tradición paracelsiana, procedente del *caput mortum* latino. Se refiere al residuo resultante de la destilación o sublimación.

26. M. de *Voltaire* emplea aquí el lenguaje de los químicos de la época en la cual escribe (KEHL).

27. Si esta cuestión de una materia primera no es insoluble para la especie humana, lo es ciertamente para los filósofos de nuestro siglo. Los químicos están obligados a reconocer un número muy grande de elementos en los cuerpos; unos simples e inalterables en nuestras experiencias, otros compuestos e indestructibles, pero cuyos principios son todavía poco conocidos. Desde que, como las demás ciencias, la química teórica se ha sometido al proceder analítico, se ha consagrado sobre todo a reconocer los principios simples, a analizar los principios compuestos, a tratar de reducir los primeros a un número menor y a intentar adivinar el secreto de la combinación de los otros -de todo lo cual la naturaleza se ha reservado los medios hasta ahora-; pero hay una gran diferencia entre lo que sabemos y el conocimiento de una materia prima o, incluso, de un pequeño número de principios primitivos e invariables (KEHL).

28. En la edición de 1748, a diferencia de las de 1745 y 1756 y siguientes, el párrafo siguiente tenía una redacción distinta.

«¿Pero está probado que todo es pleno, a pesar del tropel de argumentos metafísicos y físicos en favor del vacío? ¿Está probado que, siendo todo pleno, vuestra supuesta *mónada* deba tener ideas inútiles de todo cuanto ocurre en el pleno? Yo apelo a vuestra conciencia: ¿no percibís hasta qué punto tal sistema es puramente imaginado? ¿El reconocimiento de la ignorancia humana sobre los elementos de la materia no debería protegeros de una ciencia tan vana? ¡Que se emplee la lógica y la geometría, usándolas para extraviarnos en tales laberintos, y que se avance metódicamente hacia el error con la misma llama destinada a iluminarnos!» (MOLAND).

29. El texto al que se refiere Voltaire es el *Discours sur les lois de la communication du movement* (París, 1727) de J. Bernoulli, obra que influyó muy notablemente la actividad intelectual en Cirey. Según W.H. Barber (*Leibniz in France...*, p. 181) Mme. du Chatêlet ya tenía terminada la parte científica de sus *Institutions* en septiembre de 1738 (de hecho la Aprobación es de este año), cuando llegó el *Discours* de Bernoulli. Esto la llevó a modificar sus puntos de vista acerca de las fuerzas vivas y a proyectar la parte metafísica que hasta entonces no había previsto. A la vista de ello, Voltaire se propone justamente lo contrario: escribir su *Metaphysique de Newton* (1740) para combatir a Leibniz.

30. Tan convencido estaba Voltaire de que Wolff, en materia filosófica,era un epígono de Leibniz, que sólo le cita una vez en esta primera parte metafísica de los *Elementos*, relacionándolo con la polémica sobre las fuerzas vivas. Sabemos, sin embargo, que salvo las cartas cruzadas entre Leibniz y Clarke, la principal fuente de información que tuvo sobre la filosofía leibniziana fue Wolff. W.H. Barber (*Leibniz in France...*, pp. 186 ss.) cita como textos conocidos por Voltaire en 1735 los *Elementa Matheseos Universae* (2ª ed., 1735), *Cosmologia Generalis* (1731), *Philosophia Prima, sive ontologia* (1729) y *Philosophia rationalis, sive logica* (1728).

31. Sobre la polémica de las fuerzas vivas, cfr. D. Papineau: «The vis viva controversy» en R.S.Woolhouse, *Leibniz: Metaphysics and Philosophy of Science*, Oxford, Nueva York, OUP, 1980. También para d'Alembert, la disputa lo fue sólo de palabras. Véase, por ejemplo, su *Traité de Dynamique*, 1ª ed. París, 1743 (Reimp. Culture et Civilisation, Bruxeles, 1967) pp. xxi.

32. El principio de conservación de las fuerzas vivas ocurre en general en la naturaleza, siempre que se suponga que los cambios se hacen por grados insensibles, es decir, en tanto que se cumpla la ley de continuidad. Ocurre lo mismo con el principio de la conservación de la acción. El de mínima acción también es verdadero en general, en el sentido de que el movimiento está determinado por las mismas

ecuaciones generales que se habrían encontrado, suponiendo que la acción es un *minimum;* pero ello no basta para que la acción sea realmente un *minimum;* puede ser un *maximum,* o no ser ni lo uno ni lo otro, aunque se cumplan las ecuaciones. El acuerdo de esas ecuaciones con la naturaleza solamente prueba que, en los cambios infinitamente pequeños que tienen lugar en un tiempo infinitamente pequeño, la cantidad de acción permanece constante.

Por lo demás, en vano se creería ver causas finales en esas leyes; como lo ha demostrado M. *d'Alembert,* sólo son consecuencia necesaria de los principios esenciales y matemáticos del movimiento. El descubrimiento de tales principios, que él ha extendido a los cuerpos sólidos, flexibles y fluidos, encontrando al mismo tiempo el nuevo cálculo que era necesario para aplicar el análisis matemático, debe considerarse el esfuerzo más grande que haya hecho el espíritu humano en este siglo (KEHL).

SEGUNDA PARTE[1]

CAPITULO I

PRIMERAS INVESTIGACIONES SOBRE LA LUZ, Y COMO LLEGA A NOSOTROS. ERRORES DE DESCARTES SOBRE EL TEMA

Definición singular de los peripatéticos. El espíritu sistemático a extraviado a Descartes. Su sistema. Falso. Del movimiento progresivo de la luz. Error del Espectáculo de la naturaleza. Demostración del movimiento de la luz, por Römer. Experiencia de Römer replicada y combatida inoportunamente. Pruebas del descubrimiento de Römer por los descubrimientos de Bradley. Historia de estos descubrimientos. Explicación y conclusión.

Los griegos, y después todo los pueblos bárbaros que aprendieron de ellos a razonar y a equivocarse, dijeron secularmente: «La luz es un accidente, y este accidente es el acto de lo transparente, en tanto que transparente; los colores son aquello que mueve los cuerpos transparentes. Los cuerpos luminosos y coloreados poseen cualidades semejantes a las que excitan en nosotros, por la única razón de que nadie da lo que no tiene. En fin, la luz y los colores son una mezcla de lo caliente, lo frío, lo seco y lo húmedo; porque siendo lo húmedo, lo seco, lo frío y lo caliente los principios de todo, es completamente necesario que los colores estén compuestos de ellos».

Este es el absurdo galimatías que los maestros de la ignorancia, pagados por el público, hicieron respetar a la credulidad humana durante años: es así como se ha razonado sobre casi todo hasta los tiempos de *Galileo*, y de *Descartes*. Incluso mucho tiempo después ha subsistido en distintas escuelas una jerga que deshonra el entendimiento humano. Me

atrevo a decir que la razón del hombre, así oscurecida, está muy por debajo de esos conocimientos tan limitados, pero tan seguros, que llamamos *instinto* en las bestias. Así, no podemos dejar de felicitarnos por haber nacido en una época y dentro de un pueblo que comienza a abrir los ojos y a disfrutar del más bello patrimonio de la humanidad, el uso de la razón.

Habiendo pues adivinado al azar todos los pretendidos filósofos, a través del velo que cubría la naturaleza, vino *Descartes* y levantó una punta de ese gran velo. Dijo: «La luz es una materia fina y sutil que está expandida por todas partes y que golpea nuestros ojos. Los colores son las sensaciones que DIOS excita en nosotros según los diversos movimientos que llevan esta materia a nuestros órganos.» Hasta aquí tuvo razón Descartes; bastaba con que se detuviera o que, yendo más lejos, tuviese la experiencia como guía. Pero estaba poseído por el deseo de establecer un sistema. Tal pasión hizo en este gran hombre lo que hacen las pasiones en todos los hombres: arrastrarlos más allá de sus principios.

Descartes había dispuesto como primer fundamento de la filosofía la necesidad de no creer nada sin evidencia; y sin embargo, a despecho de su propia regla, imaginó tres elementos configurados por supuestos cubos pretendidamente hechos por el creador, y que se habían quebrado girando sobre sí mismos cuando salieron de las manos de DIOS.

De estos pretendidos dados rotos, suavizadas todas sus caras por igual y, finalmente, redondeados en bolas, quiso sacar la luz que gratuitamente expandió por el universo.

Cuanto más ingeniosamente fuese elaborado este sistema, más se advierte que era indigno de un filósofo; puesto que nada era demostrado, valía tanto como aceptar lo frío, lo cálido, lo seco y lo húmedo. Error por error, ¿qué más da cuál se imponga?

Según *Descartes* la luz no viene a nuestros ojos desde el sol; sino que es una materia globulosa repartida por todas partes, que el sol empuja, y que presiona nuestros ojos como un bastón empujado por un extremo que al instante empuja al otro. Estaba tan convencido de tal sistema que, en la decimoséptima carta del tercer tomo, dice y repite taxativamente: *Confieso que no sé nada de filosofía, si la luz del sol no llega a nuestros ojos en un instante.*

En efecto, hay que reconocer que, siendo tan gran genio como era, sabía todavía muy poco de la verdadera filosofía; le faltaba la experiencia

del siglo que le siguió. Este siglo es tan superior a *Descartes* como *Descartes* lo era con respecto a la antigüedad.[2]

1. Si la luz fuera un fluido completamente esparcido en el aire, veríamos iluminada la noche, ya que el sol bajo el hemisferio empujaría siempre al fluido de luz en todas las direcciones, llegando a impresionar nuestros ojos; la luz circularía como el sonido; veríamos el objeto detrás de una montaña; por último, jamás tendríamos un día tan hermoso como en un eclipse central de sol, porque al pasar entre nosotros y este astro, la luna empujaría (al menos según *Descartes*) los glóbulos de luz, aumentando su acción.
2. Los rayos desviados mediante un prisma, y forzados a tomar un nuevo camino, demuestran que la luz se mueve realmente, y que no es un montón de glóbulos simplemente empujados. La luz sigue tres caminos distintos al entrar en un prisma; estas tres rutas, en el aire, en el prisma y al salir del prisma, son diferentes;[3] más aún, en el interior del prisma acelera su movimiento. No sería pues un poco extraño afirmar que no se mueve un cuerpo que cambia visiblemente tres veces de lugar, y que aumenta su movimiento; y sin embargo acaba de aparecer un libro en el que se osa afirmar que la progresión de la luz es un absurdo.
3. Si la luz fuera un montón de glóbulos, un fluido existente en el aire y en todo lugar, al practicar un pequeño agujero en una cámara oscura debería iluminarse completamente; como presiona en todos los sentidos a través de ese pequeño agujero, la luz actuaría en todas direcciones, al igual que las bolas de marfil, ordenadas en círculo o en cuadrado, se apartan completamente cuando una sola de ellas es golpeada fuertemente; pero ocurre todo lo contrario: la luz que proviene de un pequeño orificio que sólo deja pasar un pequeño cono de rayos, no ilumina más que un pequeño espacio del lugar donde incide.
4. Se sabe que la luz que emana del sol hasta nosotros atraviesa, en ocho minutos aproximadamente, un camino inmenso que una bala de cañón, conservando su velocidad, no recorrería en veinticinco años.

El autor del *Espectáculo de la naturaleza*,[4] obra muy estimable, ha caído en este punto en un descuido que puede extraviar a los principiantes a quienes va dirigido su libro.[5] Afirma que, *según Newton*, la luz llega en *siete minutos desde las estrellas*, tomando las estrellas por el sol. De acuerdo con cierto cálculo fundado en hipótesis muy precarias, la luz de

las estrellas más próximas llega en seis meses. No es *Newton*, sino *Huygens* y *Hartsoecker* quienes hicieron esta suposición. Para probar que DIOS creó la luz antes que el sol, afirma también *que la luz se encuentra esparcida por toda la naturaleza, y que se manifiesta cuando los astros luminosos la empujan*; mas está demostrado que llega de las estrellas fijas en un tiempo muy grande; ahora bien, si recorre ese camino, la luz no estaría previamente esparcida. Conviene precaverse contra estos errores repetidos a diario en muchos libros que se hacen eco unos de otros.

He aquí en pocas palabras lo sustancial de la notable demostración de Römer de que la luz emplea entre siete y ocho minutos en su camino desde el sol a la tierra.

Se observa desde un punto C en la tierra el satélite de *Júpiter* (*figura* 2.1) que se eclipsa regularmente una vez cada cuarenta y dos horas y media. Si la tierra fuera inmóvil, el observador en C vería treinta emisiones de ese satélite en treinta veces cuarenta y dos horas y media; pero transcurrido dicho tiempo, la tierra se encuentra en D, luego el observador no verá la emersión precisamente al final de treinta veces cuarenta y dos horas y media, pues hay que agregar el tiempo que la luz tarda en moverse de C a D, y este tiempo es lo suficientemente largo como para ser observado con precisión. De otra parte, la distancia C D es todavía más pequeña que la distancia G H en el círculo que representa el gran orbe descrito por la tierra; el sol está en el centro; al venir del satélite de *Júpiter*, la luz atraviesa C D en diez minutos, y G D en quince o dieciséis minutos. El sol está entre G y H; luego la luz llega del sol en siete u ocho minutos.

Tan hermosa observación fue largo tiempo objetada; finalmente se ha impuesto el acuerdo con la experiencia, pero el prejuicio ha tratado de eludir la experiencia misma. Ella prueba a lo sumo, se dice, que la materia de luz que existe en el espacio y contigua desde el sol hasta nuestros ojos emplea de siete a ocho minutos en transmitirnos la impresión del sol, ¿no debería observarse, no obstante, que una respuesta como esa, hecha al azar, contradice manifiestamente todos los principios de la mecánica? *Descartes* sabía mucho, y había afirmado que si la materia luminosa fuese presionada, como en un largo bastón, por el sol en un extremo, la impresión se comunicaría instantáneamente al otro extremo; luego si un satélite de *Júpiter* presionara una materia luminosa supuestamente considerada como un rígido hilo de glóbulos extendido hasta nuestros ojos, no veríamos nunca la emersión de ese satélite tras varios minutos,

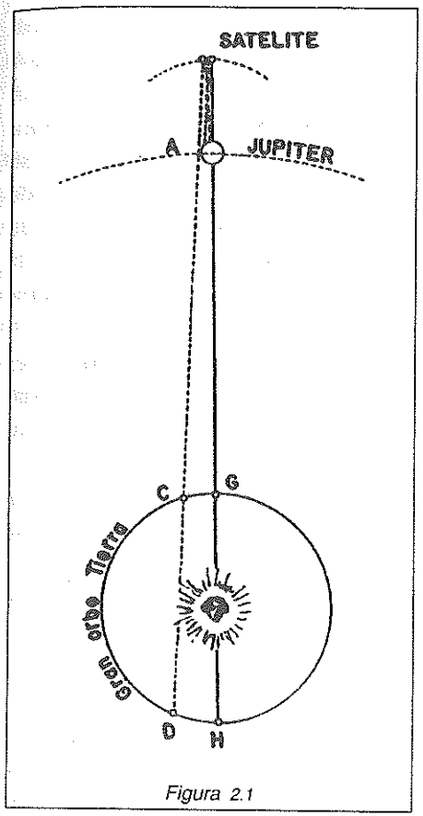

Figura 2.1

sino en el instante mismo de la emersión. Si como último subterfugio se insiste en decir que la materia luminosa debe extenderse, no como un cuerpo rígido, sino como un fluido, se cae entonces en un error impropio de un físico, pues se ignoraría la acción de los fluidos; ya que ese fluido actuaría en todos los sentidos,[6] y jamás habría, como se ha afirmado, ni noches ni eclipses. El movimiento en el fluido por el contrario sería muy lento, requiriéndose siglos en vez de siete minutos para que percibiésemos la luz del sol.

El descubrimiento de *Römer* probaba entonces incuestionablemente la propagación y progresión de la luz. Si todavía se debate el antiguo prejuicio contra tal verdad, al menos que ceda a los nuevos descubrimientos de M. *Bradley*, que la confirman de una manera tan admirable. La experiencia de *Bradley* es tal vez el más hermoso esfuerzo realizado en astronomía.

Se sabe que los ciento noventa millones de leguas que por lo menos recorre la tierra en su año, sólo son un punto en relación con la distancia entre las estrellas fijas y la tierra. La vista no podría percibir si una estrella situada en los límites de esta órbita inmensa ha cambiado de lugar con respecto a nosotros. Sin embargo es muy cierto que, después de seis meses, entre nosotros y una estrella situada cerca del polo hay alrededor de sesenta y seis millones de leguas de diferencia; y ese camino, que una bala de cañón recorrería en cincuenta años manteniendo su velocidad, es casi nada para la prodigiosa distancia entre nuestro globo y la estrella más próxima. Porque cuando el ángulo visual se hace muy pequeño ya no es medible, se hace nulo.

Encontrar el secreto de la medición de este ángulo, conocer la diferencia cuando la tierra está en *Cáncer* y cuando está en *Capricornio*, disponer por este medio de lo que se llama *la paralaje* de las estrellas fijas, es un problema insoluble si sólo empleamos los instrumentos hasta ahora conocidos. El famoso *Hoocke*, tan conocido por su micrografía, se propuso resolverlo; fue seguido por el astrónomo *Flamsteed*, quien había encontrado la posición de tres mil estrellas; después el caballero *Molineux*, con ayuda del célebre instrumentista *Graham*, inventó una máquina útil para la operación sin ahorrar esfuerzos, ni tiempo, ni gastos; finalmente, el doctor *Bradley* dio el último retoque a tan gran obra.

La máquina empleada se denominó *telescopio paraláctico*. Se puede ver su descripción en el excelente tratado de óptica de M. *Smith*. Un largo anteojo suspendido, perpendicular al horizonte, estaba dispuesto de tal forma que se podía fácilmente situar el eje de la visión en el plano del meridiano, ya fuese levemente hacia el norte o hacia el sur, y conocer con la mayor exactitud, por medio de una rueda y un índice, cuánto se había desplazado el instrumento al sur o al norte. Se observaron varias estrellas con este telescopio, entre otras la estrella del *dragón*, que fue seguida durante un año entero.

¿Qué debía obtenerse de tan perseverante investigación? Ciertamente si desde el comienzo del verano hasta el comienzo del invierno la tierra había cambiado de sitio, si se había trasladado setenta millones de leguas, el rayo de luz lanzado seis meses antes según el eje de visión de ese telescopio, debía haberse desviado de él; era entonces necesario cambiar la dirección del tubo para recibir el rayo; y se podría conocer, mediante la rueda y el índice, la cantidad de movimiento que se le había dado y, por una consecuencia infalible, cuánto más septentrional o más meridional estaba la estrella seis meses antes.

Tan admirables operaciones comenzaron el 3 de diciembre de 1725. La tierra se aproximaba entonces al solsticio de invierno; parecía verosímil que si desde el mes de diciembre la estrella podía dar algún indicio de aberración, proyectaría su luz hacia el Norte, ya que hacia el solsticio de invierno la tierra se desplazaba al Mediodía. Pero a partir del 17 de diciembre la estrella observada pareció haber avanzado en el meridiano hacia el sur. Esto produjo una gran sorpresa[7]. Se encontró precisamente lo contrario de lo que se esperaba; pero, mediante series continuadas de observaciones, se obtuvo más de lo que nunca hubiésemos esperado. Se

logró una nueva prueba del movimiento anual de la tierra y de la progresión de la luz; se conoció la oscilación del eje terrestre. (Véase el cap. IV.)

Si la tierra gira en su órbita alrededor del sol y la luz fuese instantánea, está claro que la estrella observada aparecería siempre un poco desplazada hacia el Norte cuando la tierra marchara hacia el lado opuesto; pero siendo enviada la luz desde esta estrella y si requiere un cierto tiempo para llegar, se debe comparar dicho tiempo con la velocidad que lleva la tierra: sólo resta calcularla. Al hacerlo se observó que la velocidad de la luz de la estrella era diez mil doscientas veces más rápida que el movimiento medio de la tierra. Mediante observaciones de otras estrellas se vio que no solamente la luz se mueve con una enorme velocidad, sino que siempre se mueve uniformemente, aunque provenga de estrellas fijas situadas a distancias muy desiguales. Se vio que la luz de cualquier estrella recorre el espacio fijado por *Römer* en el mismo tiempo, es decir, casi treinta y tres millones de leguas en ocho minutos aproximadamente.

Suplico ahora a todo lector atento y amante de la verdad considerar que si la luz nos llega del sol uniformemente en cerca de ocho minutos, entonces llegará de la estrella del *dragón* en seis años y más de un mes, porque hay que suponer que tal estrella está situada al menos cuatrocientas mil veces más lejos que el sol -de lo contrario habría sido apreciable la paralaje-; y que las estrellas seis veces más pequeñas están seis veces más alejadas de nosotros, y nos enviarían sus rayos en más de treinta y seis años y medio. Ahora bien, el curso de esos rayos es siempre uniforme. Que se juzgue ahora si la marcha uniforme es compatible con el supuesto de una materia dispersa por todas partes. Que cada quien se pregunte si esta materia no alteraría un poco la progresión uniforme de los rayos; y finalmente, cuando se lea el capítulo de los *torbellinos*, que se recuerde la enorme extensión recorrida por la luz en tanto años; que se juzgue de buena fe si el pleno absoluto no obstaculizaría su curso; que se vea por último a cuántos errores llevará este sistema a *Descartes*. El no había realizado ninguna experiencia, él imaginaba: no examinaba el mundo, creaba uno. Por el contrario, *Newton*, *Römer*, *Bradley*, etc. sólo hicieron experiencias, y solamente juzgaron de acuerdo con los hechos.

Estas verdades son hoy reconocidas, aunque fueron combatidas en 1738, cuando el autor publicó en Francia sus elementos de *Newton*. Es así como reciben siempre la verdad quienes han sido educados en el error.[8]

CAPITULO II

SISTEMA DE MALEBRANCHE, TAN ERRONEO COMO EL DE DESCARTES; NATURALEZA DE LA LUZ; SU CURSO; SU RAPIDEZ

Error del padre Malebranche. Definición de la materia de la luz. Fuego y luz tienen el mismo ser. Rapidez de la luz. Pequeñez de sus átomos. Progresión de la luz. Prueba de la imposibilidad del pleno. Obstinación contra estas verdades. Abuso de las santas escrituras contra tales verdades.

Al examinar el padre *Malebranche* los errores de los sentidos, no estuvo exento de los que puede causar la sutileza del genio adoptando sin prueba los tres elementos de *Descartes*; mas cambió muchas cosas en ese castillo encantado y, haciendo menos experiencias aún que *Descartes*, construyó como él un sistema.

Las vibraciones del cuerpo humano, según él, imprimen sacudidas a pequeños torbellinos blandos, susceptibles de comprimirse, y todos compuestos de materia sutil. Pero si se hubiese preguntado a *Malebranche* cómo los pequeños torbellinos blandos habrían llevado la luz a nuestros ojos; cómo la acción del sol podría transmitirse en un instante a través de tantos cuerpecillos comprimidos unos por otros, y en los que un número muy pequeño habría bastado para amortiguar tal acción; cómo no se habrían enmarañado esos torbellinos blandos al girar unos respecto a los otros; cómo serían elásticos esos torbellinos blandos; finalmente, por qué supuso la existencia de torbellinos: ¿qué habría respondido el padre *Malebranche*? ¿Sobre qué fundamento construyó este edificio imaginario? ¿Es lógico que hombres que sólo hablaban de la verdad no hayan escrito sino novelas?

En fin, ¿qué es pues la materia de la luz? *Es el fuego mismo*, que quema a distancias pequeñas cuando sus partes son menos tenues, o más rápidas, o están más reunidas, y que alumbra dulcemente nuestros ojos cuando actúa más lejos, cuando sus partículas son más finas y están menos reunidas. Así, una vela encendida quemará el ojo que esté a pocas líneas de ella, y alumbrará al ojo que esté a algunas pulgadas; así, los rayos del sol esparcidos en el espacio del aire iluminan los objetos y, concentrados en un cristal ardiente, funden el plomo y el oro.

Si se pregunta qué es el fuego, responderé que es un elemento que no conozco más que por sus efectos; y diría al respecto, como en todo lo demás, que no es propio del hombre conocer la naturaleza íntima de las cosas, que solamente puede calcular, medir, pesar y experimentar.[9]

El fuego no siempre alumbra y la luz a veces no brilla, aunque sólo el elemento fuego puede alumbrar y quemar. Cuando el fuego no se ha desarrollado en una barra de hierro o de madera no puede emitir rayos de la superficie de esa madera o ese hierro; en consecuencia, no puede ser luminoso; sólo llega a serlo cuando la superficie está abrasada.

Los rayos de luna llena no producen ningún calor sensible en el foco de un vidrio convexo, aunque den una luminosidad bastante grande. La razón de ello es palpable. Los grados de calor siempre están en proporción a la densidad de los rayos; ahora bien, está comprobado que el sol, a igual altura, lanza noventa mil veces más rayos que los que la luna llena nos refleja sobre el horizonte: así, para que los rayos de la luna sobre el foco de un vidrio convexo puedan producir tan sólo el mismo calor que los rayos del sol dan a un terreno de igual extensión que el vidrio, se requeriría que hubiese en el foco noventa mil veces más rayos de los que hay.

Quienes han pretendido ver dos entes en la luz y en el fuego se han equivocado, al fundarse en que no todo fuego ilumina, ni tampoco toda luz calienta; es como si se distinguieran dos seres en todas las cosas que pueden tener dos usos.[10]

Ese fuego es lanzado en todos los sentidos desde el punto de irradiación; esto es lo que permite que sea percibido en todos los lados: es pues necesario considerarlo siempre, de acuerdo con los geómetras, como líneas trazadas desde el centro a la circunferencia. Así, todo haz, todo cúmulo, toda traza de rayos provenientes del sol o de un fuego cualquiera debe ser considerado como un cono cuya base se encuentra en nuestra pupila, y cuyo vértice está en el fuego que lo lanza.

Esta materia de fuego se proyecta del sol hasta nosotros y hasta *Saturno*, etc., con una rapidez que asombra a la imaginación. El cálculo muestra que, si el sol está a veinticuatro mil semi-diámetros de la tierra, entonces la luz viaja desde este astro hasta nosotros, en números redondos, a mil millones de pies por segundo. Ahora bien, una bala de cañón de una libra, proyectada por media libra de pólvora, sólo recorre en un segundo seiscientos pies; luego la rapidez de un rayo de sol es, en números redondos, un millón seiscientas mil seiscientas veces más grande que la de una bala de cañón; se puede entonces probar que si un átomo de luz fuera solamente la millonésima sexcentomilésima parte aproximadamente de una libra, necesariamente se concluiría que los rayos de luz tendrían el efecto del cañón; y si fuesen mil billones de veces más pequeños, un instante de emanación luminosa destruiría todo lo que vegeta sobre la superficie de la tierra. ¡Cuán inconcebiblemente pequeños deben ser entonces esos rayos, para entrar en nuestros ojos sin lastimarlos!.

El sol que nos manda esta materia luminosa en siete u ocho minutos, y las estrellas, esos otros soles que nos la envían en varios años, nos la proporcionan eternamente, aparentemente sin consumirse, como el almizcle lanza sin cesar a su alrededor cuerpos odoríferos, sin que aparentemente pierda ningún peso.

Por último, la rapidez con que el sol emite sus rayos es probablemente proporcional a su tamaño, el cual sobrepasa en casi un millón de veces al de la tierra, y a la velocidad con que este inmenso cuerpo de fuego da un giro sobre sí mismo en veinticinco días y medio.

A partir de la celeridad con la que la sustancia del sol se escapa hacia nosotros en línea recta, podemos también concluir hasta qué punto el pleno de *Descartes* es inadmisible: 1º. Porque ¿cómo podría llegar a nosotros en línea recta a través de tantos millones de capas curvas de materia blanda y tras tantos movimientos diversos? 2º. ¿Cómo un cuerpo tan sutil podría recorrer un espacio de cuatrocientas mil veces treinta y tres millones de leguas de una estrella a nosotros, si tuviera que atravesar por el espacio una materia resistente? Sería necesario que cada rayo, en unos minutos, perturbase cuatrocientas mil veces los treinta y tres millones de leguas de materia sutil.

Tened en cuenta además que esta pretendida materia sutil podría resistir en el pleno absoluto tanto como la materia más compacta; así, un rayo de una estrella tendría que hacer un esfuerzo mucho mayor que el

realizado para penetrar un cono de oro, cuyo eje tuviera trece billones doscientos mil millones de leguas.

Es más: la experiencia, verdadera maestra en filosofía, nos enseña que la luz, al pasar de un elemento a otro, de un medio a otro, no pasa completamente, ya que una parte es reflejada; de hecho el aire refleja más de lo que transmite; sería así imposible que nos llegase ninguna luz de las estrellas, pues sería completamente absorbida, completamente reflejada antes de que tan sólo un rayo pudiese alcanzar la mitad de nuestra atmósfera. ¿Y qué ocurriría si ese rayo tuviera todavía que atravesar otras atmósferas? Mas en los capítulos en los que expliquemos los principios de la gravitación, veremos una multitud de argumentos que prueban que el supuesto pleno era un cuento.

Detengámonos un instante para ver cómo se estableció lentamente la verdad entre los hombres. Hace casi cincuenta años que *Römer* demostró, mediante las observaciones de los eclipses de los satélites de *Júpiter*, que la luz emana del sol a la tierra en siete minutos y medio aproximadamente; sin embargo, no solamente se sostiene todavía lo contrario en varios libros de física, sino que en una obra en tres volúmenes, formada con observaciones de todas las academias de Europa e impresa en 1730, se afirma (página 35, *volumen I*) lo que sigue: «Algunos han pretendido que de un cuerpo luminoso, como el sol, se desprenden continuamente una infinidad de insensibles partículas pequeñas que portan la luz hasta nuestros ojos; pero esta opinión, que es deudora aún de la vieja filosofía, no es sostenible».[11] A pesar de todo, esta opinión es demostrada por más de un procedimiento y, lejos de recuperar la vieja filosofía, le es totalmente contraria; pues, ¿qué puede ser más contrario a palabras vacías de contenido que tantas medidas, cálculos y experiencias?

Han aparecido otros contradictores que atacaron esta verdad de la emanación y de la progresión de la luz con las mismas armas con que otros hombres, más respetuosos que instruidos, osaron antaño atacar tan imperativa y vanamente la creencia de *Galileo* en el movimiento de la tierra.

Quienes combaten la razón con la autoridad, emplean las Santas Escrituras -que deben enseñarnos a vivir ordenadamente- para obtener lecciones de filosofía. *Pluche* ha convertido realmente a *Moisés* en un físico: si es simpleza, hay que lamentarlo; si con tal artificio grosero pretende volver odiosos a quienes no comparten su creencia, hay que lamentarlo

más todavía.

Los ignorantes deberían recordar que quienes condenaron a *Galileo* con un pretexto parecido, cubrieron a su patria de una vergüenza que sólo el nombre de *Galileo* pudo borrar. Hay que aceptar, afirman, que la luz del día no viene del sol, porque, de acuerdo con el Génesis, DIOS creó la luz antes que el sol.

Pero estos señores no consideran que, con arreglo al Génesis, DIOS separó igualmente la luz de las tinieblas, y llamó *día* a la luz y *noche* a las tinieblas, y compuso un día de mañana y tarde, etc., y todo ello antes de crear el sol. Según tales físicos, se requeriría que el sol no produjese el día, y que su ausencia no causara la noche.

Afirman además que DIOS separó las aguas de las aguas, y entienden por esta separación la del mar y las nubes. Pero, según ellos, sería en tal caso necesario que los vapores que forman las nubes no fueran elevados por el sol, como lo son. Porque, conforme al Génesis, el sol no fue creado sino tras la separación de las aguas inferiores de las superiores; sin embargo, reconoce que es el sol el que eleva *tales aguas superiores*. Helos ahí pues en contradicción consigo mismos. ¿Negarán el movimiento de la tierra, porque *Josué* ordenó la detención del sol?,[12] ¿negarán el crecimiento de los gérmenes en la tierra, porque fue establecido que el grano debe pudrirse antes de brotar?[13] Es pues necesario que reconozcan, con todas las gentes sensatas, que no son las verdades de la física las que se deben buscar en la Biblia, y que debemos aprender en ella a ser mejores y no a conocer la naturaleza.

CAPITULO III

LA PROPIEDAD DE LA REFLEXION DE LA LUZ NO ERA VERDADERAMENTE CONOCIDA; LA LUZ NO ES REFLEJADA POR LAS PARTES SOLIDAS DE LOS CUERPOS, COMO SE CREIA

Ningún cuerpo liso. Luz no reflejada por las partes sólidas. Experiencias decisivas. Cómo y en qué sentido la luz se refleja en el vacío mismo. Cómo se ha hecho la experiencia. Conclusión de esta experiencia. Cuanto más pequeños son los poros, más pasa la luz. Malas objeciones contra estas verdades.

Sabiendo qué es la luz, de dónde nos viene, cómo y en cuánto tiempo nos llega, estudiemos sus propiedades y efectos ignorados hasta el momento. El primero de sus efectos es que la luz parece reflejarse en la superficie sólida de todos los objetos para conducir sus imágenes hasta nuestros ojos.

Todos los hombres, todos los filósofos, los *Descartes* y los *Malebranche*, quienes más se han alejado de los pensamientos vulgares, han creído igualmente que, en efecto, son las superficies sólidas de los cuerpos las que nos devuelven los rayos. Cuanto más lisa y sólida sea la superficie, más proclive, se dice, a reflejar la luz; cuanto más anchos y rectos son los poros de un cuerpo, más rayos trasmite a través de su substancia. Por ejemplo, el espejo pulido cuyo fondo está cubierto por una superficie de azogue nos devuelve todos los rayos; igualmente, este mismo espejo sin azogue, al tener muchos poros rectos y anchos, deja pasar una gran parte de los rayos. Cuanto más largos y rectos tenga un cuerpo sus poros, más diáfano será; es el caso, se decía, del diamante, del agua misma: éstas eran generalmente las ideas recibidas y que nadie ponía en duda. Sin embargo todas estas ideas son enteramente falsas; pues sucede con frecuencia que

muchas cosas que son verosímiles están alejadas de la verdad. En ese punto los filósofos se han abrazado al error, de la misma manera que yerra enteramente el vulgo cuando piensa que el sol no es más grande de como aparece a la vista. Veamos en qué consistía el error de los filósofos.

No existe ningún cuerpo cuya superficie pueda ser verdaderamente lisa; sin embargo, muchas superficies nos parecen lisas y perfectamente pulidas. ¿Por qué vemos liso y uniforme aquello que no lo es? Para los pequeños cuerpos que componen la luz, la superficie más uniforme es un cúmulo de montañas, cavidades, intervalos, de la misma manera que la punta de la aguja más fina está, de hecho, erizada de prominencias y asperezas que descubre el microscopio. Todos los haces de rayos de luz que cayesen sobre tales irregularidades se reflejarían según como hubieran caído; siendo pues desigual su caída, jamás se reflejarían regularmente: luego nadie podría verse jamás en un espejo. Por lo demás, el vidrio tiene probablemente mil veces más poros que materia, sin embargo cada punto de la superficie devuelve los rayos, luego no son devueltos por el vidrio.

La luz que trae nuestra imagen a la parte anterior de un espejo no proviene ciertamente de las partes sólidas de la superficie de dicho espejo; tampoco proviene de las partes sólidas de mercurio y de estaño extendidas por detrás de este espejo. Tales partes no son más planas, más lisas que el espejo mismo. Las partes sólidas de estaño y mercurio son incomparablemente más grandes, más anchas que las partes sólidas constitutivas de la luz; así pues, si las pequeñas partículas de luz caen sobre esas partes gruesas de mercurio, se dispersarán por todos lados como perdigones al caer sobre cascotes. ¿Qué poder desconocido obliga entonces a la luz a reflejarse regularmente hacia nosotros? Parece claro que no son los cuerpos los que así nos la devuelven.

Lo que parecía más conocido, más indiscutible entre los hombres, se convierte en un misterio más grande de lo que era la gravedad del aire. Al examinar este problema de la naturaleza, nuestra admiración se redoblará. No es posible instruirse en esta materia sino con sorpresas.[14]

Exponed en una cámara oscura el prisma A B a los rayos del sol (*figura* 2.2), de forma tal que las líneas de luz que llegan a la superficie B, formen un ángulo de más de cuarenta grados con la perpendicular P. Entonces la mayor parte de esos rayos no penetran mucho el aire exterior a B; todos ellos regresan al cristal en el mismo instante en el que salen; como observáis, vuelven con una curvatura insensible.

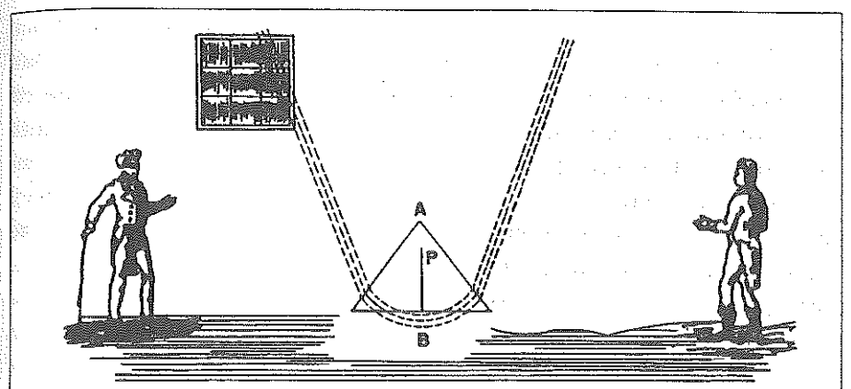

Figura 2.2

Ciertamente no es la superficie sólida del aire la que los ha devuelto al vidrio; algunos de esos rayos alcanzaban antes el aire al caer menos oblicuamente; ¿por qué entonces con un ángulo de cuarenta grados y diecinueve minutos, la mayor parte de esos rayos ya no pasan? ¿Encuentran con ese ángulo mayor resistencia, más materia en el aire que la hallada en el cristal que habían penetrado? ¿Encuentran más partes sólidas en el aire a cuarenta grados y un tercio que a cuarenta? El aire es más o menos dos mil cuatrocientas veces más raro, menos pesado, menos sólido que el cristal; luego los rayos deberían atravesar el aire dos mil cuatrocientas veces más fácilmente de lo que penetran el espesor del cristal. Sin embargo, a pesar de esta prodigiosa apariencia de facilidad, han sido devueltos; lo son, pues, por una fuerza que en este caso es dos mil cuatrocientas veces más poderosa que en el aire; así, nunca son devueltos por el aire; los rayos, una vez más, no son pues reflejados hasta nuestros ojos por las partes sólidas de los cuerpos. La luz se refleja tan poco en la cara anterior de las partes sólidas de los cuerpos, que de hecho es en el vacío donde a veces se refleja: este hecho merece gran atención.

Acabáis de ver que la luz, incidiendo con un ángulo de cuarenta grados y diecinueve minutos sobre el cristal, se refleja casi completamente delante del aire que encuentra en la superficie ulterior del cristal; que si la luz cae con un ángulo inferior en sólo un minuto, pasará menos aún y saldrá al aire fuera de la superficie.

Newton afirmó que si se encontraba el secreto de suprimir el aire por detrás del trozo de cristal, entonces ya no pasarían los rayos, y toda la luz se reflejaría. Yo he hecho la experiencia; encajé un excelente prisma en medio de una chapa de cobre; coloqué la chapa dentro de un recipiente abierto situado sobre la máquina neumática; puse la máquina en mi cámara oscura. Luego mientras recibía la luz por un orificio del prisma y la hacía incidir con el ángulo requerido, extraje aire durante mucho tiempo: quienes estaban presentes vieron que, a medida que se extraía el aire, pasaba menos luz al recipiente y que, al final, no pasaba casi ninguna. Era un espectáculo muy agradable ver cómo la luz era completamente reflejada al suelo por el prisma.

La experiencia, pues, demuestra que, en este caso, la luz se reflejó en el vacío; pero se sabe que el vacío no puede tener acción. ¿Qué se puede entonces concluir de esta experiencia? Dos cosas muy palpables: la primera, que la superficie de los sólidos no devuelve la luz; la segunda, que en los cuerpos sólidos existe un poder desconocido que actúa sobre la luz; y esta segunda propiedad la examinaremos en su momento.[15]

Ahora trataremos de probar que la luz no es reflejada por las partes sólidas. Veamos una prueba más de esta verdad. Todo cuerpo opaco reducido a lámina delgada deja pasar rayos de una cierta especie a través de la substancia, y refleja otros; ahora bien, si la luz fuese devuelta por los cuerpos, todos los rayos que inciden igualmente sobre estas láminas serían reflejados por ella. En fin, veremos que jamás tan admirable paradoja fue probada de tantas maneras. Comencemos, pues, familiarizándonos con estas verdades.

1. Esta luz, que se cree reflejada por la superficie sólida de los cuerpos, de hecho es reflejada sin haber tocado la superficie.
2. La luz no es devuelta en un espejo por la superficie sólida posterior de azogue, sino que es devuelta desde el seno de los poros del espejo y de los poros del azogue mismo.
3. No se requiere, como hasta ahora se ha pensado, que los poros del azogue sean muy pequeños para reflejar la luz; al contrario, se requiere que sean grandes.

Un nuevo motivo de sorpresa para quienes no han estudiado esta filosofía será escuchar que el secreto para volver opaco un cuerpo es normalmente agrandar sus poros, y el medio de hacerlo transparente es estrecharlos. El orden de la naturaleza está, en apariencia, completamente

alterado; lo que parecía producir la opacidad es precisamente lo que da transparencia; y lo que parecía causar la transparencia de los cuerpos será lo que los hace opacos. No obstante, nada es tan cierto, y la experiencia más vulgar lo demuestra. Un papel seco, cuyos poros son muy grandes, es opaco: ningún rayo de luz lo atraviesa; estrechad los poros embebiéndolo en agua o en aceite: se vuelve transparente; lo mismo le ocurre a la ropa blanca, a la sal.

Es bueno enseñar al público que un hombre que ha escrito hace poco contra estas verdades con más altivez y desprecio que conocimientos, quiso burlarse de *Newton* por sus descubrimientos. *Si el secreto*, dice, *de volver transparente un cuerpo es estrechar sus poros, entonces habrá que achicar las ventanas para tener más luz en la habitación, etc.*. Respondo que es muy indecente hacerse el gracioso cuando se pretende hablar como filósofo, y que ridiculizar a *Newton* es una empresa muy difícil; respondo sobre todo que este mal bromista debería tener en cuenta que, en verdad, grandes aberturas interpuestas a la claridad no emiten luz, y que un cuerpo delgado, horadado por una infinidad de pequeños agujeros expuestos al sol, nos ilumina bastante. El papel aceitoso, la ropa mojada, por ejemplo, son cuerpos delgados en los que el aceite o el agua han contraído y rectificado los poros, y la luz pasa a través de esos poros rectificados; pero no pasará a través de tamizados más grandes que obstaculizarían e interceptarían los rayos. Antes de adoptar un tono burlón se requeriría estar muy seguro de que se tiene razón.

Los razonamientos errados y los malos chistes que se han hecho en Francia contra los admirables descubrimientos de *Newton*, avergonzarían a la nación si quienes los han hecho no fueran el oprobio de la filosofía.[16]

Regresemos y resumamos que hay, pues, principios ignorados que producen maravillas, que reflejan la luz antes de que haya tocado una superficie, que la devuelven desde los poros del cuerpo transparente, que la obligan a regresar incluso desde el vacío. Estamos indefectiblemente obligados a admitir estos hechos, cualquiera que sea la causa.

CAPITULO IV[17]

LOS ESPEJOS, LOS TELESCOPIOS: LAS RAZONES DADAS POR LOS MATEMATICOS A LOS MISTERIOS DE LA VISION; QUE ESTAS RAZONES NO SON SUFICIENTES EN ABSOLUTO

Espejo plano. Espejo convexo. Espejo cóncavo. Explicaciones geométricas de la visión. Ninguna relación inmediata entre las reglas de la óptica y nuestras sensaciones. Ejemplo como prueba.

Los rayos, obligados por una potencia hasta ahora desconocida, llegan a nuestros ojos reflejados desde la superficie de un espejo, sin tocar la superficie, ni los poros del espejo, ni las partes sólidas; esos rayos, digo, retornan a vuestros ojos con la misma dirección que llegaron al espejo. Si es vuestro rostro lo que miráis, los rayos que salen de vuestro rostro paralelamente y son perpendiculares al espejo, regresan por el mismo camino tal como una pelota que rebota perpendicularmente en el suelo.

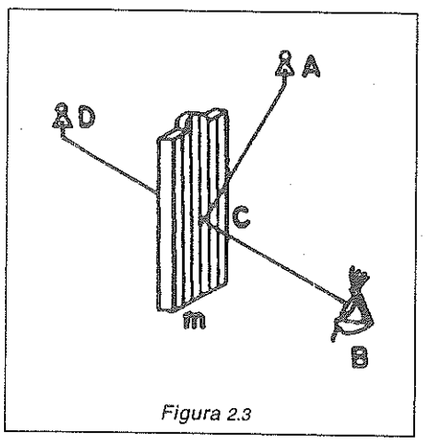

Figura 2.3

Si observáis en el espejo *m* (*figura* 2.3) un objeto A a vuestro lado, a los rayos que parten de este objeto les ocurre lo mismo que a una pelota que rebotase en B, donde está situado vuestro ojo. Es lo que se llama ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión. La línea A C es la línea de incidencia, la línea C B es la línea de reflexión. Es

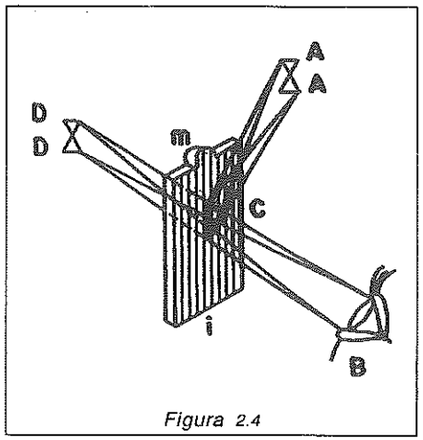

Figura 2.4

suficientemente conocido, y el solo enunciado lo demuestra, que tales líneas forman ángulos iguales en la superficie del espejo; ahora bien,¿por qué no veo el objeto en A, lugar en donde está, ni en C, de donde llegan los rayos a mis ojos, sino en D, detrás del espejo mismo?

La geometría os dirá: (*figura* 2.4) el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, el ojo en B se relaciona con el objeto en D, los objetos sólo pueden actuar en línea recta sobre vos, y la línea recta prolongada desde vuestro ojo B hasta D, detrás del espejo, es tan larga como la línea A C y la C B tomadas juntas. En fin, también os dirá: Nunca observaréis los objetos sino allí donde los rayos comienzan a diverger. Sea el espejo *m i*: Los haces de rayos que parten desde cada punto del objeto A comienzan a diverger desde el instante en que salen del objeto; llegan a la superficie del espejo donde cada rayo incide, se aparta y se refleja hacia el ojo; el ojo los refiere a los puntos D, inicio de las líneas rectas, en donde esos mismos rayos se reunirían; pero al reencontrarse en los puntos D, los rayos harían lo mismo que en los puntos A: comenzarían a diverger; luego veis el objeto A A en los puntos D.

Esos ángulos y esas líneas sirven sin duda para daros una idea de este artificio de la naturaleza; pero lo más importante es que permitan conocer la razón física eficiente por la cual vuestra alma ubica sin vacilar el objeto detrás del espejo, a la misma distancia que se encuentra delante. Tales líneas representan lo que ocurre, pero desde luego no explican por qué ocurre.[18]

Si queréis saber cómo un espejo convexo disminuye los objetos, y cómo un espejo cóncavo los aumenta, las líneas de incidencia y de reflexión también lo explicarán.

Se os dice: El cono de rayos que diverge desde los puntos A A (*figura* 2.5) y que cae sobre el espejo convexo, forma allí ángulos de incidencia iguales a los ángulos de reflexión, cuyas líneas van a vuestro ojo. Ahora bien, tales ángulos son más pequeños que si hubieran caído sobre una superficie

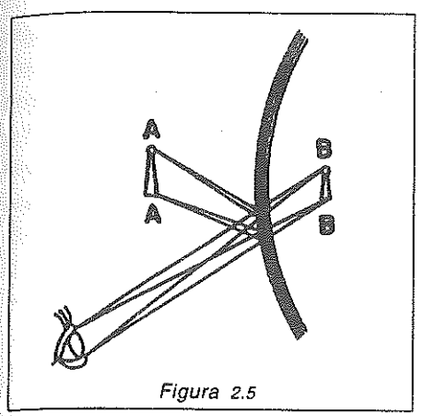

Figura 2.5

plana; luego si se supone que pasan por B, convergerían ahí mucho antes; así, el objeto situado en B B sería más pequeño. Ahora bien, vuestro ojo refiere el objeto en B B a los puntos donde los rayos comenzarían a diverger; entonces el objeto debe pareceros más pequeño, como en efecto lo es en la figura. Por la misma razón que parece más pequeño, parece más próximo, ya que, en efecto, los puntos donde confluyen los rayos B B están más cerca del espejo que los rayos A A.

Por el argumento de los contrarios debéis ver los objetos más grandes y más alejados en un espejo cóncavo, al situar el objeto suficientemente próximo al espejo (*figura* 2.6). Porque los conos de los rayos A A, al diverger sobre el espejo en los puntosdonde inciden dichos rayos, si se reflejasen a través de este espejo, sólo se encontrarían en B B; entonces es en B B donde los observáis. No obstante, B B es más grande y está más alejado del espejo que A A, luego observaréis el objeto más grande y más alejado.

Esto es, en general, lo que ocurre en los rayos reflejados a vuestros ojos; y este único principio: que el ángulo de incidencia es siempre igual al ángulo de reflexión, es el primer fundamento de todos los misterios de la catóptrica.

Ahora se trata de saber cómo aumentan los anteojos los tamaños, y cómo reducen las distancias; por último, por qué objetos que se presentan al revés a vuestros ojos, los veis sin embargo tal y como son.

En relación con los tamaños y las distancias, he aquí lo que os enseñarán las matemáticas. Cuanto más grande sea el ángulo formado por un objeto en vuestro ojo, tanto más grande os parecerá el

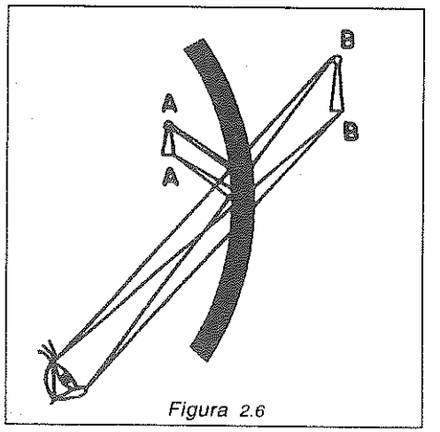

Figura 2.6

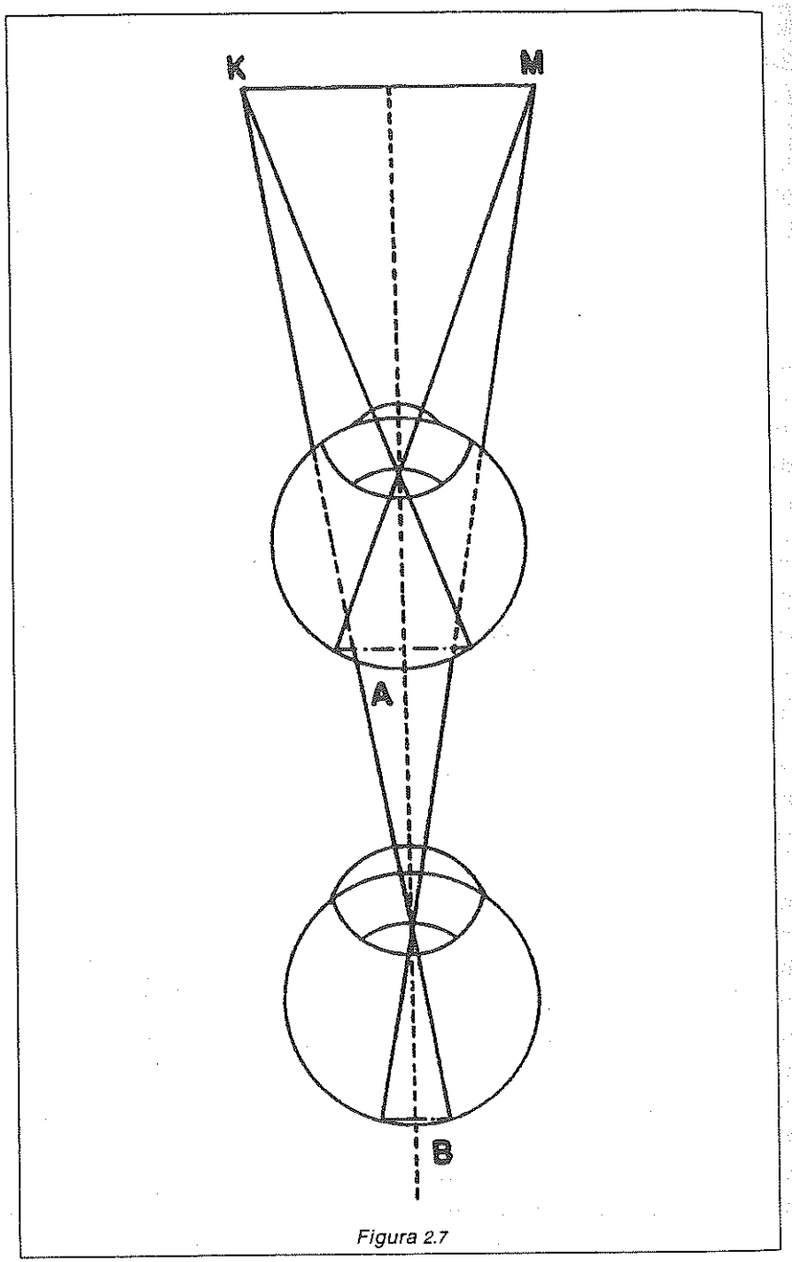

Figura 2.7

objeto; nada más sencillo. La línea K H que observáis a cien pasos forma un ángulo A en el ojo (*figura* 2.7). A doscientos pasos forma un ángulo B que es la mitad más pequeño. Ahora bien, el ángulo formado en vuestra retina, cuya base está en la retina, es proporcional al ángulo cuya base está en el objeto. Son ángulos opuestos por el vértice; luego son iguales según las primeras nociones de los elementos de geometría; entonces, si el ángulo formado en el ojo A es el doble del ángulo formado en el ojo B, el objeto debe parecer igualmente más grande al ojo A que al ojo B.

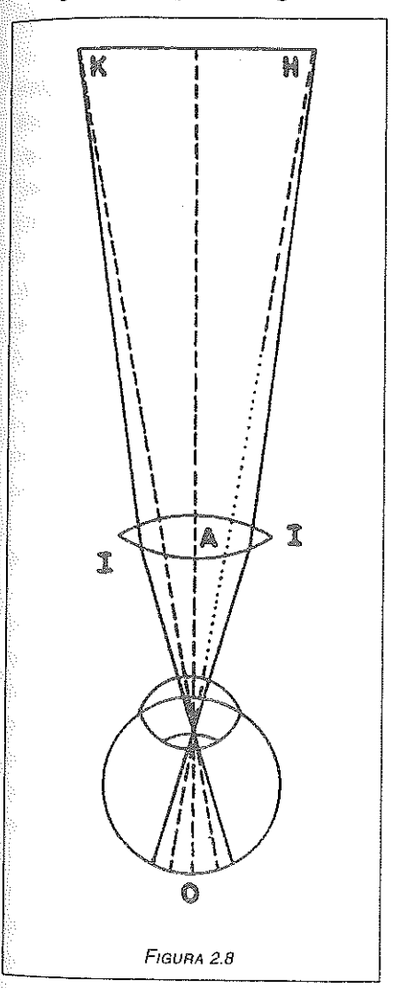

Figura 2.8

Ahora, para que el ojo que está en B vea el objeto tan grande como lo ve el ojo en A, hay que lograr que el ojo B reciba un ángulo tan grande como el A, situado la mitad más cerca. Las lentes de un telescopio producirán este efecto (*figura* 2.8). Introduzcamos, para mayor facilidad, una sola lente I y supongamos que produzca el efecto de varias lentes combinadas. El objeto K H envía rayos a esa lente. Estos se reúnen a cierta distancia de la lente. Imaginemos una lente tallada de manera que tales rayos se crucen para formar en el ojo C un ángulo tan grande como en el ojo A (*figura* 7); entonces, se nos dice, el ojo juzga por este ángulo. Así, ve el objeto del mismo tamaño que lo ve el ojo A. Pero como en A lo ve a cien pasos de distancia, entonces en C, recibiendo el mismo ángulo, lo verá igualmente a cien pasos de distancia, aunque algo menos iluminado porque la misma cantidad de luz llega al ojo tras correr un espacio mayor. Las líneas de puntos señalan el ángulo bajo el cual habría sido visto el objeto si no se hubiera interpuesto una

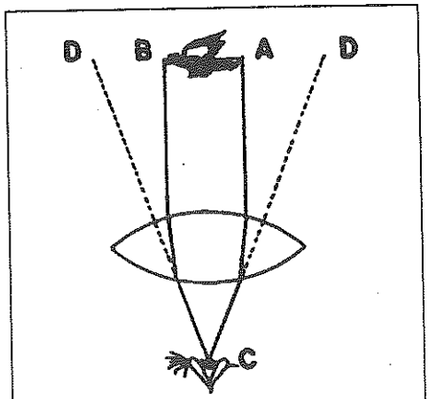

FIGURA 2.9

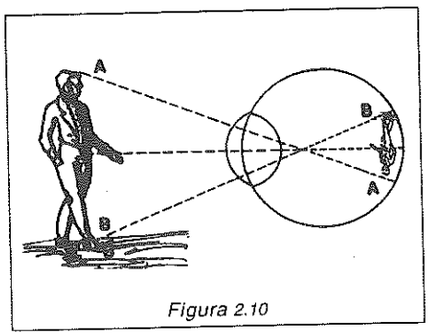

Figura 2.10

lente. Todo el efecto de las lentes múltiples en los anteojos de los diversos microscopios y telescopios que agrandan los objetos consiste pues en mostrar las cosas bajo un ángulo mayor.

El objeto B A (*figura* 2.9) se ve con esa lente bajo el ángulo D C D, que es mucho mayor que el ángulo A C B.

Preguntáis todavía a las reglas de óptica, ¿por qué veis los objetos en su situación, aunque se representen al revés en vuestra retina? El rayo que parte de la cabeza del hombre A 8 (*figura* 2.10) llega al punto inferior de vuestra retina A, sus pies B son vistos según el rayo B B en el punto superior de vuestra retina B; así, el hombre en realidad se dibuja con la cabeza para abajo y los pies hacia arriba en el fondo de los ojos. ¿Por qué entonces no veis ese hombre al revés, sino del derecho tal como está?

Para resolver esta cuestión, utilizaremos el símil del ciego que porta bastones cruzados para adivinar con precisión la posición de los objetos. Pues un punto a la izquierda, sentido por la mano derecha con ayuda del bastón, lo ubica inmediatamente a la izquierda; y el punto que su mano izquierda ha sentido con el otro bastón, lo ubica a la derecha sin equivocarse. Todos los maestros de óptica nos dicen entonces que la parte inferior del ojo remite inmediatamente su sensación a la parte superior del objeto, y que la parte superior de la retina también refiere naturalmente la sensación a la parte inferior; es así como el objeto se ve en su situación real.[19]

Pero aunque hayáis conocido perfectamente todos estos ángulos, y todas esas líneas matemáticas por las cuales camina la luz hasta el fondo del ojo, no creais por ello saber cómo percibis los tamaños, las distancias

y las situaciones de las cosas. Es verdad que las proporciones geométricas de esos ángulos y de esas líneas son justas, pero no hay más relación entre ellas y nuestras sensaciones que entre el sonido que escuchamos y el tamaño, la distancia o la situación de la cosa oída. Mi oído es golpeado por el sonido: escucho tonos y nada más. Mi ojo es impresionado por la visión: veo colores y nada más. No solamente las proporciones de los ángulos y las líneas no pueden de ninguna manera ser la causa inmediata del juicio que me formo de los objetos, sino que en algunos casos tales proporciones no concuerdan nada con la manera en que vemos los objetos. Por ejemplo, un hombre visto a cuatro y a ocho pasos se ve del mismo tamaño. Sin embargo la imagen del hombre a cuatro pasos es, muy aproximadamente, en vuestro ojo, doble de la que se forma a ocho pasos. Los ángulos son diferentes y veis el objeto siempre del mismo tamaño; es pues evidente, tan sólo con un ejemplo escogido entre muchos, que los ángulos y las líneas no son de ninguna manera la causa inmediata de la forma en que vemos.

Antes pues de continuar las investigaciones que hemos comenzado sobre la luz y sobre las leyes mecánicas de la naturaleza, me reclamáis que exponga cómo son recibidas en nuestra alma las ideas sobre las distancias, los tamaños, o las situaciones de los objetos. Tal examen nos proveerá de algo nuevo y verdadero, única excusa para un libro.

CAPITULO V[20]

COMO CONOCEMOS LAS DISTANCIAS, LOS TAMAÑOS, LAS FIGURAS, LAS SITUACIONES

Los ángulos y las líneas ópticas no nos permiten conocer las distancias. Ejemplo como prueba. Estas líneas ópticas no permiten conocer ni los tamaños ni las figuras. Ejemplo como prueba. Demostración por la experiencia del ciego de nacimiento, curado por Cheselden. Cómo conocemos las distancias y los tamaños. Ejemplo. Aprendemos a ver como a leer. La vista no permite conocer la extensión.

Comencemos por la distancia. Está claro que por sí misma no puede ser inmediatamente percibida; porque la distancia sólo es una línea desde el objeto hasta nosotros: esta línea se termina en un punto, luego no percibimos más que ese punto; y este punto es siempre el mismo, sea que el objeto esté a mil leguas o a un pie. No disponemos pues de ningún medio directo para percibir de golpe la distancia, como sí podemos determinar por el tacto si un cuerpo es duro o blando; por el gusto, si es dulce o amargo; por el oído, si entre dos sonidos el uno es grave y el otro agudo. Porque, que se le preste a esto mucha atención, las partes de un cuerpo que ceden a mi dedo son la causa más inmediata de mi sensación de blandura; y las vibraciones del aire excitadas por el cuerpo sonoro son la causa más inmediata de mi percepción del sonido. Ahora bien, si no puedo disponer inmediatamente de una idea de distancia, es preciso entonces que conozca esta distancia mediante otra idea intermedia; pero es necesario que perciba al menos tal idea intermedia; porque una idea no tenida, no me permitirá ciertamente poseer otra. Se dice que cierta casa se encuentra a una milla de cierto río; mas si no sé en dónde se encuentra el río,

ciertamente no sabré dónde está la casa. Un cuerpo cede con facilidad a la presión de mi mano: rápidamente concluyo su blandura. Otro resiste, siento inmediatamente su dureza. Se necesitaría entonces que sintiera los ángulos que se forman en mi ojo, para concluir inmediatamente las distancias de los objetos; pero la mayoría de los hombres ni siquiera sabe si tales ángulos existen; luego es evidente que esos ángulos no pueden ser la causa inmediata de que conozcáis las distancias.

Quien por primera vez en su vida escuchase el ruido de un cañón o el sonido de un concierto, no podría juzgar si se dispara el cañón, o si se ejecuta el concierto, a una legua o a treinta pasos. Sólo la experiencia acostumbra a valorar la distancia entre él y el lugar de donde parte el ruido. Las vibraciones, las ondulaciones del aire llevan un sonido a sus orejas, o mejor aún a su alma; pero ese ruido no advierte a su alma del lugar donde comienza el ruido, ni le enseña la forma del cañón o de los instrumentos de música. Es precisamente lo que ocurre con los rayos de luz que parten de un objeto: no nos enseñan nada sobre el lugar donde se encuentra el objeto.

Tampoco nos permiten conocer los tamaños, ni siquiera las figuras. Veo de lejos una pequeña torre redonda; avanzo, percibo y toco un gran edificio cuadrangular. Ciertamente lo que veo y lo que toco no es lo que veía. El pequeño objeto redondo que tenía en mis ojos no es el edificio cuadrado. Luego, una cosa es, con respecto a nosotros, el objeto mensurable y tangible, y otra el objeto visible. Escucho en mi habitación el ruido de una carroza; abro la ventana y la veo; salgo y entro en ella. Sin embargo, la carroza que escuché, la carroza que ví, la carroza que toqué, son tres objetos absolutamente diferentes de tres de mis sentidos, no tienen ninguna relación inmediata entre sí.

Hay muchos más. Está demostrado, como he dicho, que en mi ojo se forma un ángulo una vez mayor, o para hablar con más precisión, con el doble de diámetro aparente si veo un hombre a cuatro pies de mí, en lugar de cuando lo veo a ocho pies. No obstante siempre veo al hombre del mismo tamaño. ¿Cómo mi apreciación contradice así el mecanismo de mis sentidos? El objeto es realmente una vez más pequeño en mis ojos, y lo veo como si fuera del mismo tamaño. Es inútil pretender explicar tal misterio por la trayectoria o por la forma que adopta el cristalino en nuestros ojos. Cualquiera que sea la suposición hecha, el ángulo con que veo un hombre a cuatro pies de mí es siempre doble del ángulo con que lo veo a ocho pies;

y la geometría jamás resolverá este problema; la física también es importante, pues aunque supongáis que el ojo toma una nueva configuración, que el cristalino se acerca, que el ángulo se agranda, todo ello habrá de suceder igualmente tanto si el objeto está a ocho pasos, como si está a cuatro. La proporción siempre será la misma: si veis el objeto a ocho pasos bajo un ángulo la mitad más grande, veréis también el objeto a cuatro pasos con un ángulo la mitad mayor o aproximadamente. Entonces ni la geometría, ni la física pueden explicar esta dificultad.

Las líneas y los ángulos geométricos no son realmente la causa de que veamos los objetos en su sitio, como tampoco de que los veamos con tales tamaños y a tal distancia. El alma no considera si tal parte se dibujará en la parte baja del ojo: nada le remite a líneas que no ve. El ojo baja solamente para ver lo que hay cerca de la tierra, y se alza para ver lo que está por encima. Todo ello sólo podría ser aclarado y puesto fuera de duda por un ciego de nacimiento a quien se diera el sentido de la vista. Porque si este ciego, en el momento de abrir los ojos, juzgase las distancias, los tamaños y las situaciones, sería verdad que los ángulos ópticos, formados de repente en su retina, son las causas inmediatas de sus sentimientos. Por ello aseguraba el doctor *Barclay*, de acuerdo con M. *Locke* (e inclusive yendo en ello más lejos que *Locke*) que la posición, el tamaño, la distancia y la figura no serían de ninguna manera discernidos por un ciego cuyos ojos recibiesen de golpe la luz.

Mas, ¿dónde encontrar el ciego que decidiese para siempre esta cuestión? Pues en 1729, M. *Cheselden*, uno de esos famosos cirujanos que a la habilidad de su mano agregan la inteligencia más ilustrada, habiendo imaginado que se podría dar la vista a un ciego de nacimiento desprendiéndole las llamadas *cataratas*, que supuso formadas en los ojos casi desde el momento del nacimiento, le propuso la operación. Al ciego le costó trabajo aceptarlo. No podía concebir que el sentido de la vista pudiese aumentar mucho sus placeres. Sin el gusto que se le inspiró por aprender a leer y a escribir no habría deseado ver. Por esta indiferencia comparaba *que es imposible ser desgraciado por la privación de bienes sobre los que no se tiene idea*; verdad muy importante. Sea como fuese, la operación fue realizada y tuvo éxito. El joven de casi catorce años vio la luz por primera vez. Su experiencia confirmó todo lo que *Locke* y *Barclay* tan claramente habían previsto. Durante mucho tiempo no distinguió tamaños, posiciones, y ni siquiera figuras. Un objeto de una pulgada, colocado delante de su ojo

ocultándole una casa, le parecía tan grande como la casa. Al principio, todo lo que veía creía que estaba en sus ojos, o tocándolos tal y como los objetos sólidos tocan la piel. Al comienzo no podía distinguir entre lo que había percibido con sus manos como redondo y lo que había juzgado como angular; ni discernir con sus ojos si lo que sus manos habían sentido arriba o abajo, estaba efectivamente encima o debajo. Estaba tan lejos de conocer los tamaños, que cuando finalmente pudo concebir con la vista que la casa era más grande que su habitación, no entendía cómo la vista podía producir espontáneamente esta idea. Sólo al término de dos meses de experiencia pudo percibir en los cuadros representaciones de cuerpos sólidos; y cuando después de tan largo titubeo de su nuevo sentido intuyó que los cuerpos, y no sólo las superficies, estaban pintados en los cuadros, colocó en ellos su mano, quedando sorprendido de no detectar los cuerpos sólidos cuyas representaciones comenzaba a percibir. Preguntaba qué era lo que le confundía el sentido del tacto o el sentido de la vista.

Se concluyó entonces, irrevocablemente, que la manera en que vemos las cosas no es nunca consecuencia inmediata de los ángulos formados en nuestros ojos. Porque los ángulos matemáticos estaban en los ojos de aquel hombre igual que en los nuestros, y no le servían para nada sin el auxilio de la experiencia y de los otros sentidos.

¿Cómo se nos representan entonces los tamaños y las distancias? De la misma forma en que nos imaginamos las pasiones de los hombres: por los colores que aparecen en sus rostros y por la alteración que producen sus rasgos. No hay nadie que a primera vista no lea en la frente de otro el dolor o la cólera. Es el idioma con que la naturaleza habla a todos los ojos, mas sólo la experiencia enseña este lenguaje. Es así como sola la experiencia nos enseña que cuando un objeto está bastante lejos lo vemos poco y borrosamente. De esto formamos las ideas, que pronto acompañarán para siempre a la sensación de ver. Así, un hombre que a diez pasos ha visto su caballo de cinco pies de alto, si algunos minutos después lo ve tan alto como un carnero, su alma, por un juicio involuntario, concluirá al instante que el caballo está muy lejos.

Es muy cierto que cuando veo mi caballo del tamaño de un borrego se forma en mi ojo una imagen más pequeña, un ángulo más agudo; mas esto es lo que acompaña, no lo que causa mi sensación. Igualmente se produce distinta conmoción en mi cerebro cuando veo a un hombre sonrojarse de vergüenza o enrojecer de cólera; mas tan diferentes impresiones no me

enseñan nada de lo que ocurre en el alma de ese hombre, de no ser por mi experiencia, única voz que se hace escuchar.

Lejos de ser el ángulo la causa inmediata por la que juzgo que un caballo grande está muy lejos cuando lo veo muy pequeño, siempre ocurre, por el contrario, que veo al caballo del mismo tamaño, a diez pasos, a veinte, a treinta, a cuarenta pasos, aunque el ángulo, es decir, el diámetro aparente, sea doble a diez pasos, triple, cuádruple. Observo muy lejos, por un pequeño orificio, un hombre plantado sobre un tejado; la lejanía y los pocos rayos me impiden al principio distinguir si es un hombre; el objeto me parece muy pequeño, creo ver una estatua de dos pies a lo sumo; el objeto se mueve, juzgo que es un hombre; y desde ese mismo instante el hombre me parece del tamaño ordinario. ¿De dónde provienen dos juicios tan diferentes? Cuando creí ver una estatua, la imaginé de dos pies pues la veía bajo un cierto ángulo: ninguna experiencia forzaba mi alma a desmentir los rasgos impresos en mi retina; pero desde que juzgué que era un hombre, la relación producida por la experiencia en mi cerebro entre la idea de un hombre y la idea de la altura de cinco a seis pies, me fuerza, sin que piense en ello, a imaginar por un juicio repentino que veo un hombre de tal altura y, en efecto, a ver tal altura.[21]

Es absolutamente indispensable concluir de todo lo anterior que las distancias, los tamaños, las situaciones, no son, hablando con propiedad, cosas visibles; es decir, no son objetos propios e inmediatos para la vista. El objeto propio e inmediato de la vista no es otro que la luz coloreada; todo lo demás, sólo lo percibimos a la larga y por la experiencia. Aprendemos a ver, tal como aprendemos a hablar y a leer. La diferencia está en que el arte de ver es más fácil, y que la naturaleza es la maestra común para todos.

Los juicios repentinos, casi uniformes, que todas nuestras almas, a cierta edad, hacen sobre distancias, tamaños, posiciones, nos hacen creer que basta abrir los ojos para ver de la manera que vemos. Error; se requiere también el concurso de los sentidos. Si los hombres dispusieran solamente del sentido de la vista, no tendrían ningún medio para conocer la extensión en longitud, anchura y profundidad; y un espíritu puro quizás no la conocería, a menos que DIOS se la hubiese revelado. Es muy difícil separar en nuestro entendimiento la extensión de un objeto de los colores de tal objeto. Jamás vemos algo que no sea extenso, lo que nos induce a creer que en efecto vemos la extensión. Apenas podemos distinguir en nuestra

alma el amarillo que vemos en un luis de oro, del luis de oro donde vemos el amarillo. Ocurre como si, cuando escuchamos pronunciar las palabras *luis de oro*, no pudieramos abstenernos de relacionar, a nuestro pesar, la idea de la moneda con el sonido cuya pronunciación escuchamos.[22]

Si todos los hombres hablasen la misma lengua, siempre estaríamos dispuestos a creer que existe una conexión necesaria entre las palabras y las ideas. Ahora bien, todos los hombres tienen aquí el mismo lenguaje en materia de imaginación. La naturaleza les ha dicho a todos: cuando hayáis visto los colores durante cierto tiempo, vuestra imaginación los representará todos al mismo tiempo que los cuerpos a los que esos colores parecen asociados. El juicio rápido e involuntario que formaréis os será útil en el curso de la vida; ya que si fuese necesario esperar al examen de los ángulos y rayos visuales para estimar las distancias, los tamaños, las posiciones de todo lo que os rodea, moriríais antes de saber si las cosas que necesitáis están a diez pasos de vosotros o a cien millones de leguas, y si tienen el grosor de una liendre o de una montaña. Habría sido mucho mejor para vosotros nacer ciegos.

Cometemos entonces un gran error cuando decimos que nuestros sentidos nos engañan. Cada sentido cumple la función que le ha asignado la naturaleza. Se ayudan mutuamente para enviar al alma, por intermedio de la experiencia, la medida de los conocimientos que nuestro ser encierra. Demandamos a nuestros sentidos que ofrezcan aquello para lo que no están hechos. Querríamos que nuestros ojos nos permitiesen conocer la solidez, el tamaño, la distancia, etc., pero se necesita que el tacto se concilie en ello con la vista, y que la experiencia los secunde. Si el padre *Malebranche* hubiese considerado así la naturaleza, habría atribuido quizás menos errores a nuestros sentidos, los cuales son la fuente de todas nuestras ideas.

No es posible, sin duda, extender a todos los casos esta especie de metafísica que acabamos de ver. No debemos apelar a su auxilio sino cuando las matemáticas son insuficientes y también esto es un leve error que debe reconocerse en el padre *Malebranche*; él atribuye, por ejemplo, únicamente a la imaginación de los hombres efectos que las reglas de la óptica explican, al menos parcialmente. Considera que si los astros nos parecen más grandes en el horizonte que en el meridiano, es la imaginación la única responsable. En el capítulo siguiente vamos a explicar ese fenómeno que, desde hace cien años, ha ocupado a tantos filósofos.

CAPITULO VI

Por qué el sol y la luna parecen más grandes en el horizonte que en el meridiano.

Wallis fue el primero en creer que la prolongada interposición de la tierra, e incluso de las nubes, hace aparecer al sol y a la luna más grandes en el horizonte que en el meridiano. *Malebranche* consolidó tal opinión con todas las pruebas que le permitió la sagacidad de su ingenio. *Regis* tuvo con él una célebre disputa sobre dicho fenómeno; éste lo atribuía a las refracciones ocurridas en los vapores de la tierra: y se equivocaba, pues las refracciones producen precisamente el efecto contrario al atribuido por *Regis*; pero el padre *Malebranche* no se equivocaba menos al sostener que la imaginación, impresionada por tan gran extensión de tierras y nubes en el horizonte, se representa el astro más grande al extremo de dichas tierras y tales nubes, que cuando, alcanzado su punto más alto, es visto sin interposición alguna.

Las experiencias más sencillas desmienten el sistema de *Malebranche*. Yo tuve hace algunos años la curiosidad de examinar sin interrupción el fenómeno. Encargué tubos de cartón de siete a ocho pies de largo y de medio pie de diámetro; hice observar el sol en el horizonte a varios niños, cuya imaginación de ningún modo estaba acostumbrada a juzgar el tamaño del astro. Ni siquiera veían el terreno y las nubes. El tubo sólo les permitía ver el sol, y todos lo vieron mucho más grande que al mediodía. Esta experiencia y algunas otras me determinaron a imaginar otra causa; y desesperaba ya de construir un sistema, cuando la solución matemática de M. *Smith* al problema cayó en mis manos y me ahorró los errores de una hipótesis. He aquí tal explicación, que merece ser estudiada.[23]

En primer lugar hay que establecer que, según las reglas de la óptica, el cielo debe parecernos una bóveda rebajada. Veamos una prueba

familiar. Según las observaciones de *Hoocke*, nuestra vista a lo sumo diferencia objetos que forman en nuestro ojo un ángulo de ocho milésimas de pulgada al menos.

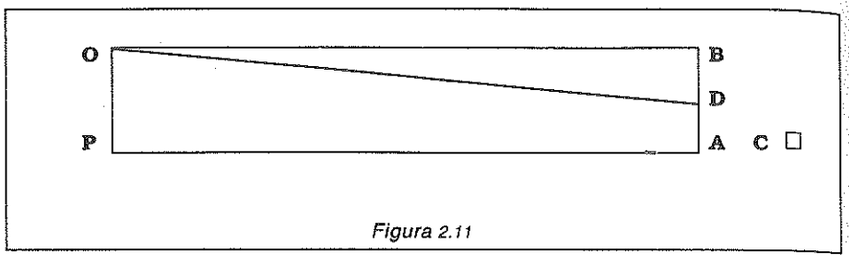

Figura 2.11

Un hombre O P (*figura* 2.11) de cinco pies de alto, observa el objeto A B, también de cinco pies de alto, y veinticinco mil pies distante, bajo el ángulo A O B; mas no teniendo este ángulo A O B ocho milésimas de pulgada, no lo distingue; pero si mira al objeto C, el ángulo es todavía más pequeño. Lo ve como si el objeto estuviera en A D; así, todo lo que está detrás de C resulta aún menos distinguible; las casas, las nubes que quedaran detrás de C, deben aparecer al ras del horizonte hacia C; todas las nubes, entonces, bajan hacia el horizonte a partir de una distancia de veinticinco mil pies, es decir, cerca de una legua de tres mil pasos y dos tercios, y bajan gradualmente: en consecuencia, todas las nubes que se elevan en *g* (*figura* 2.12) alrededor de tres cuartos de legua de alto, debe parecernos que están al ras de nuestro horizonte. Así, en lugar de ver las nubes *gg* tan altas como la nube *n*, vemos las nubes *gg* tocar tierra, y la nube *n* elevada a casi tres cuartos de legua por encima de nuestras

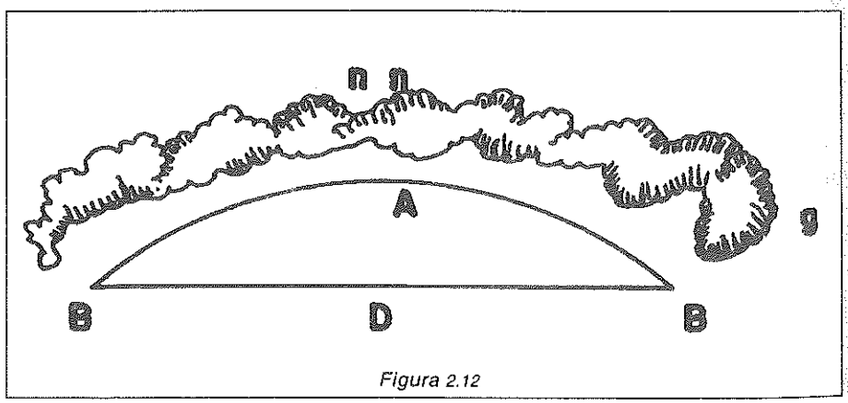

Figura 2.12

cabezas; no debemos, pues, ver el cielo ni como un techo ni como una cimbra circular, sino como una bóveda rebajada, cuyo gran diámetro B B es alrededor de seis veces más grande que el pequeño A D.

Vemos por tanto el cielo en la forma B A B, y cuando el sol o la luna están en el horizonte B, nos parecen casi un tercio más alejados (a nosotros que estamos en D) que cuando dichos astros están en A; no obstante, los vemos según los ángulos que se forman en nuestros ojos desde B y A. Resta, por consiguiente, examinar esos ángulos (*figura* 2.13). En principio parecería que debieran ser más pequeños cuando el objeto está más alejado, y más grandes si está más cerca; pero ocurre todo lo contrario. El astro real, el astro tangible, gira en B D R E; pero el astro aparente sigue la curva B A

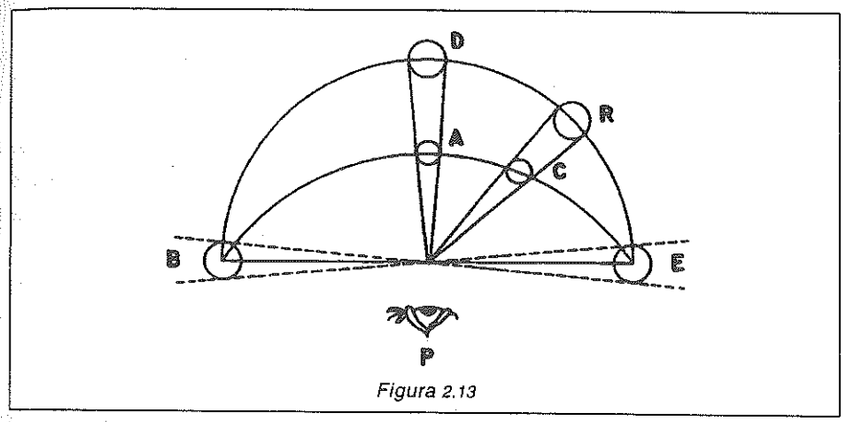

Figura 2.13

C E, y los ángulos formados por el objeto real se refieren al objeto aparente. Sólo se ve los cuerpos situados en D y en R como cuerpos que, situados en A y en C, producirían en el ojo el mismo ángulo: los vemos, pues, tan grandes como los intervalos A y C. El astro en el meridiano tiene su disco como 3, y en el horizonte más o menos como 9; ya que los diámetros del astro se presentan a nuestros ojos como sus distancias aparentes; ahora bien, la distancia aparente del astro es alrededor de 9 en el horizonte y de 3 en el meridiano; así es su tamaño aparente.

Esta verdad se confirma con otra experiencia de género semejante. Observad dos estrellas distantes entre sí un décimo de grado, parecerán mucho más alejadas en el horizonte y mucho más próximas hacia el meridiano. Las dos estrellas, cuya distancia siempre es la misma, son vistas a una distancia C F hacia el horizonte (*figura* 2.14) mucho más

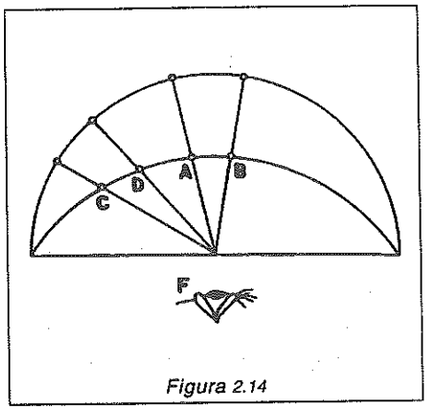

Figura 2.14

grande que la distancia F A en el meridiano. Observad que tal diferencia aparente se produce precisamente por la misma razón que acabo de mencionar.

He aquí pues, según esta regla y las observaciones que la confirman, las proporciones de los tamaños y de las distancias aparentes del sol y de la luna.

En el horizonte los astros son vistos de la magnitud 100

Quince grados más arriba, de la magnitud 68
Treinta grados, de la magnitud 50
Noventa grados, de la magnitud 30

Así mismo, dos estrellas cualesquiera que conserven siempre entre sí la misma distancia, parecen alejadas una de otra como 100 en el horizonte, y como 30 en el meridiano; como veis, la proporción siempre es de 9 a 3 aproximadamente.

Esta teoría está confirmada también por otra observación. La luna parece considerablemente más grande en ciertas épocas del año que en otras; el sol parece también más grande en invierno que en verano; y siendo las diferencias aparentes de tamaño más sensibles hacia el horizonte que en el meridiano, son más fácilmente percibidas. La razón de tal aumento de tamaño es que, cuando el diámetro de la luna y del sol parece más grande, los astros están de hecho más cerca de nosotros. El sol está más próximo a la tierra en invierno que en verano en cerca de un millón trescientas mil leguas; así, en invierno parece más grande; pero la anchura de su disco resulta un poco disminuida por las refracciones en un aire espeso. Cuando la luna en verano está en su perigeo, parece tener un diámetro más grande; y el tamaño de su disco en el horizonte es mayor aún en verano que en invierno porque el aire durante el verano es más sutil y raro.

Por tanto, este fenómeno es más de la incumbencia de la geometría y de la óptica de lo que creyó *Malebranche*; y el doctor *Smith* tiene la gloria de haber encontrado por fin la solución completa de un problema del que los más grandes genios habían hecho sistemas inútiles.[24]

CAPITULO VII

DE LA CAUSA QUE DESVIA LOS RAYOS DE LUZ AL PASAR DE UNA SUSTANCIA A OTRA: QUE ESTA CAUSA ES UNA LEY GENERAL DE LA NATURALEZA DESCONOCIDA ANTES DE NEWTON; QUE LA INFLEXION DE LA LUZ ES UN FENOMENO MAS DE ESTA CAUSA, ETC

Qué es la refracción. Proporción de las refracciones hallada por Snellius. Qué es seno de refracción. Gran descubrimiento de Newton. Luz quebrada antes de entrar en los cuerpos. Examen de la atracción. Necesidad de examinar la atracción antes de rebelarse contra esta palabra. Impulsión y atracción igualmente ciertas y desconocidas. En qué la atracción es una cualidad oculta. Pruebas de la atracción. Inflexión de la luz cerca de los cuerpos que la atraen.

Ya hemos visto el artificio casi incomprensible de la reflexión de la luz y que no puede ser producida por la impulsión tal y como la conocemos. El de la refracción, cuyo examen vamos a retomar, no es menos sorprendente.

Comencemos por asegurarnos una idea precisa de la cosa que es necesario explicar. Recordemos que cuando la luz cae desde una substancia más rara, más ligera, como el aire, a una substancia más pesada, más densa y que le opondría mayor resistencia, como el agua, entonces la luz deja su camino y se desvía, aproximándose a una perpendicular levantada desde la superficie del agua.

Para tener una idea más nítida de esta verdad (*figura* 2.15), observad el rayo que cae al cristal. Sabéis cómo se quiebra. El rayo A E forma un ángulo con la perpendicular B E al caer sobre la superficie del cristal. Dicho rayo refractado en el cristal forma otro ángulo con la misma

perpendicular que regula su refracción. Fue necesario medir la incidencia y la desviación de la luz. Parece que esto fuese algo muy fácil; sin embargo, el geómetra árabe *Alhazen*, *Vitelli*, y el mismo *Kepler* fracasaron. Según el testimonio ocular dado por *Huygens*, *Snellius Villebrod* fue el primero que encontró la proporción constante con la cual se quiebra la luz en los distintos medios. Empleó las secantes. *Descartes* utilizó después los senos, lo que produjo exactamente la misma proporción, el mismo teorema con otros nombres. Esta proporción es bien fácil de comprender hasta para quienes les es muy extraña la geometría.

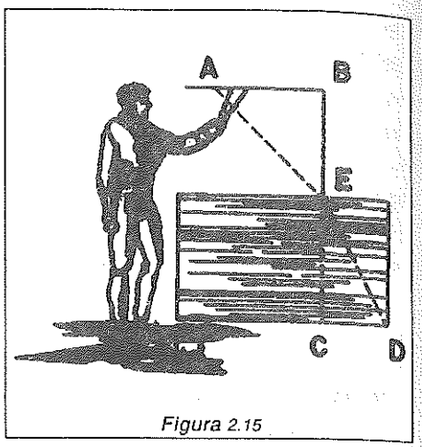

Figura 2.15

Cuanto más grande sea la línea A B que observáis, más grande será también la línea C D. La línea A B es lo que se llama *seno de incidencia*. La línea C D es el *seno de refracción*. No es éste el lugar para explicar genéricamente lo que es un *seno*. Quienes han estudiado geometría lo conocen suficientemente. Los otros podrían quedar un poco confundidos por la definición. Baste con saber que los dos *senos*, cualquiera que sea su magnitud, siempre son proporcionales en un medio dado. Ahora bien, tal proporción es diferente cuando la refracción se realiza en un medio distinto. La luz que cae oblicuamente del aire en un cristal, se desvía en él de manera que el *seno* de la refracción C D es al *seno* de incidencia A B, como 2 es a 3; lo que no quiere decir, en este caso, sino que la línea A B es un tercio más grande en el aire que la línea C D en el cristal. En el agua esta proporción es de 3 a 4. Así, es palpable que en todos los casos, en todas las oblicuidades de incidencia posibles, la fuerza refringente del cristal es a la del agua, como 9 es a 8; se trata de conocer no sólo la causa de la refracción, sino la de todas las refracciones diferentes. Aquí es donde todos los filósofos han formulado hipótesis y se han equivocado.

Finalmente, sólo *Newton* encontró la verdadera razón que se buscaba. Su descubrimiento merece seguramente la atención de todos los siglos. Porque no se trata sólo de una propiedad particular de la luz, lo que ya sería mucho; veremos que esta propiedad pertenece a todos los cuerpos

de la naturaleza. Suponed que los rayos de luz están en movimiento, que si se desvían cambiando de curva, debe ser por alguna ley primitiva, y que a la luz sólo le ocurre lo que sucedería a todos los cuerpos tan pequeños como la luz, siendo el resto de cosas iguales.

Si una bala de plomo A (*figura* 2.16) es lanzada oblicuamente desde el aire al agua, le ocurrirá en principio lo contrario de lo que le sucede al rayo de luz; ya que el delgado rayo pasa a través de los poros, y la bala, cuya superficie es ancha, encuentra resistencia en la superficie del agua. La bala pues se aleja desde el comienzo de la perpendicular B; en verdad, el movimiento oblicuo que se le había imprimido disminuye poco a poco, y arrastrada constantemente por su gravedad, termina aproximándose a la dirección perpendicular. Retrasa, como se sabe, su caída en el agua porque el agua resiste; pero, al contrario, un rayo de luz aumenta su celeridad, porque el agua no es resistente a los rayos que la penetran.

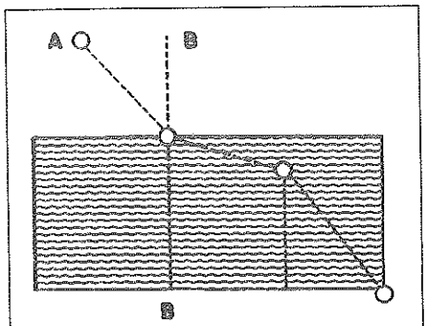

Figura 2.16

Existe pues una fuerza, cualquiera que sea, que actúa entre los cuerpos y la luz.

Que tal atracción, que tal tendencia existe no lo podemos poner en duda, porque hemos visto que la luz, atraída por el vidrio, lo penetra sin tocar nada; ahora bien, tal fuerza actúa necesariamente en línea recta, es decir, en la línea trazada desde cada molécula a todos los puntos del cuerpo que ejerce la fuerza; puesto que existe, está en todas las partes del cuerpo que la ejerce. Las partes de la superficie de cualquier otro cuerpo experimentan entonces dicho poder antes de penetrar en el interior de la substancia del cuerpo que atrae, antes de que llegue al punto al que es dirigido (*figura* 2.17). Así, desde el momento en que el rayo ha llegado cerca de la superficie del cristal, o del agua, toma ya un poco el camino de la perpendicular.

Este rayo se parte ya un poco en C antes de entrar: cuanto más penetra más se parte; puesto que cuanto más se acerca más atraído es. Existe además una razón importante para que el rayo se desvíe necesariamente con una curvatura insensible, antes de penetrar en línea recta el cristal.

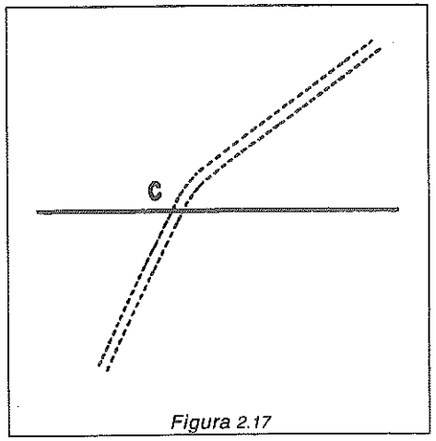

Figura 2.17

Por cuanto no existe ningún recoveco en la naturaleza para que un movimiento continuo pueda cambiar de dirección sin pasar por todos los grados posibles de cambio, no es posible entonces que la línea recta se convierta de golpe en otra línea recta sin trazar una pequeña curva que una las dos líneas. De esta manera se juntan en este fenómeno los principios de continuidad, establecido por *Leibniz*, y el de atracción de *Newton*. El rayo no cae, pues, completamente perpendicular, y no sigue su primera línea recta oblicua al atravesar el agua o el vidrio, sino que sigue una línea curva descendente tanto más rápida, cuanto la atracción del agua o del cristal sea más fuerte. Entonces, lejos de romper por la resistencia los rayos de luz, como se creía, el agua los rompe de hecho porque no se resiste, sino al contrario porque los atrae. Es, pues, necesario decir que los rayos se desvían hacia la perpendicular no cuando llegan a un medio más resistente, sino cuando pasan *de un medio menos atrayente a un medio más atrayente.* Observad que siempre se debe considerar *atrayente* el punto al que se dirige una fuerza reconocida, una propiedad incontestable de la materia, muy perceptible entre la luz y los cuerpos. Que se considere que desde 1672, cuando *Newton* descubrió esta atracción, ningún filósofo ha podido imaginar una razón plausible para tal ruptura de la luz.

Unos dicen: El cristal refracta los rayos de luz porque los resiste; pero si los resiste, ¿por qué los rayos lo penetran más fácilmente y con mayor velocidad? Otros imaginan en el cristal una materia que abre por todas partes caminos más fáciles; pero si esos caminos son tan fáciles por todos los lados, ¿por qué la luz no entra sin desviarse? Estos inventan atmósferas; aquellos, torbellinos; todos sus sistemas se desploman por alguna parte; es pues necesario, creo yo, limitarse a los descubrimientos de *Newton*, a esta atracción visible de la cual ni él ni ningún filósofo han podido encontrar razón.

Sabéis que muchas gentes, tan vinculadas a la filosofía, o mejor al nombre de *Descartes*, como lo estaban antes al nombre de *Aristóteles*, se han rebelado contra la atracción. Unos no han querido estudiarla; otros la han despreciado o denostado sin apenas examinarla; pero yo pido al lector que haga las tres reflexiones siguientes.

1. ¿Qué entendemos por atracción? Sólo la fuerza por la cual un cuerpo se aproxima a otro, sin que se la vea, sin que se conozca alguna otra fuerza que lo empuje.
2. Esta propiedad de la materia ha sido establecida por los mejores filósofos de Inglaterra, de Alemania, de Holanda, e inclusive en varias universidades de Italia, en donde leyes un poco rigurosas impiden a veces el acceso de la verdad. ¿La aceptación de tantos sabios no constituye una poderosa razón para examinar al menos si existe o no esta fuerza?
3. Debería tenerse en cuenta que no se conoce mejor la causa de la impulsión que la de la atracción. Ni siquiera se tiene más idea de la una que de la otra, pues no hay nadie capaz de concebir por qué un cuerpo tiene el poder de mudar a otro de lugar. Ciertamente, tampoco concebimos cómo un cuerpo atrae a otro, ni cómo gravitan mutuamente las partes de la materia, tal y como será probado. De ahí que sea incorrecto afirmar que Newton se hubiera jactado de conocer la razón de la atracción. Simplemente, probó que existe; descubrió en la materia fenómenos que confirman una propiedad universal. Si un hombre encontrase un nuevo metal en la tierra, ¿existiría menos dicho metal porque no se conocieran los primeros principios que lo componen?

A menudo se dice que la atracción es una cualidad oculta. Si por tal palabra se entiende un principio real del que no se puede dar razón, todo el universo está en ese caso. No sabemos cómo hay movimiento, ni cómo se comunica, ni cómo son elásticos los cuerpos, ni cómo pensamos, ni cómo vivimos, ni cómo ni por qué existen las cosas: todo es cualidad oculta. Si en tal palabra se ve una expresión de la antigua escuela, una palabra vana, debemos considerar que sólo mediante las más sublimes y más exactas demostraciones matemáticas fue como *Newton* mostró a los hombres el principio que algunos se esfuerzan en calificar de quimera.

Hemos visto que los rayos reflejados por un espejo no podrían llegarnos de su superficie. Hemos experimentado que los rayos transmitidos en el vidrio con un cierto ángulo regresan en lugar de pasar al aire; y si hay vacío

detrás del vidrio, los rayos que antes se habían transmitido regresan desde ese vacío hacia nosotros. Ciertamente allí no hay ningún impulso conocido. Es absolutamente necesario admitir otro poder; también es necesario reconocer que existe en la refracción algo que hasta hoy no se entendía. Ahora bien, ¿cuál será el poder que rompe un rayo de luz en un estanque de agua? Está comprobado (como explicaremos en el capítulo siguiente) que lo que hasta el presente se tenía por un simple rayo de luz, es un haz de varios rayos que se refractan de forma muy diferente. Si entre las líneas de luz contenidas en el rayo una se refracta, por ejemplo, a cuatro medidas de la perpendicular, la otra se romperá a tres medidas. Está comprobado que las más refrangibles, es decir, por ejemplo, aquellas que, al quebrarse saliendo del vidrio y al tomar en el aire una nueva dirección, se aproximan menos a la perpendicular al vidrio, son también las que se reflejan más fácil, más rápidamente. Hay ya pues suficientes evidencias de que la misma ley que hace reflejar la luz es la que la hace refractar.

Por último, si encontramos todavía alguna nueva propiedad de la luz que parezca deber su origen a la fuerza de la atracción, ¿no debemos concluir que dichos efectos pertenecen a la misma causa? Esta es la nueva propiedad que descubrió el padre *Grimaldi*, jesuita, hacia 1660, y que *Newton* desarrolló hasta el punto de medir la sombra de un cabello a diferentes distancias. La nueva propiedad es la inflexión de la luz.[25] No solamente se quiebran los rayos, al entrar en un medio cuya masa los atrae, sino que otros rayos que van por el aire, cerca de los bordes del cuerpo atrayente, se aproximan sensiblemente a dicho cuerpo desviándose visiblemente de su camino.

Meted (*figura* 18) en un lugar oscuro una lámina afilada de acero o de vidrio que termine en punta; colocadla cerca de un pequeño orificio por el cual penetre la luz, de forma que la luz roce la punta del metal; veréis cómo se curvan los rayos cerca de la punta, de tal manera que el rayo que más se acerca a ella se curva más, y el que está más alejado se curvará proporcionalmente menos. ¿No es lo más verosímil que el mismo poder que quiebra esos rayos cuando están en el medio, los fuerza a desviarse cuando están cerca del

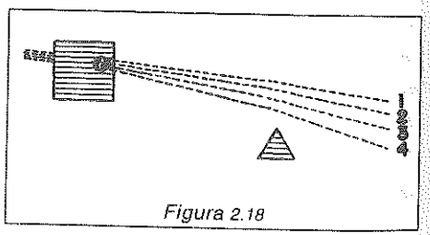

Figura 2.18

medio? He ahí pues la refracción, la transparencia y la reflexión sometidas a nuevas leyes. He ahí una inflexión de luz que depende evidentemente de la atracción. Es un nuevo universo que se abre a los ojos de quienes quieran verlo.

Pronto mostraremos que existe una atracción evidente entre el sol y los planetas, una tendencia mutua de todos los cuerpos unos hacia otros. Pero de antemano advertimos, una vez más, que esta atracción, que hace gravitar los planetas en torno al sol, no actúa nunca con arreglo a la misma relación de atracción que en los cuerpos pequeños que se tocan. Inclusive es posible que sean atracciones de género absolutamente diferente. Se trata de nuevas y diferentes propiedades de la luz y de los cuerpos, descubiertas por *Newton*. No vamos aquí a considerar su causa, sino simplemente sus efectos, hasta hoy ignorados. Que no se crea que la luz es desviada hacia el cristal y en el cristal según la misma relación con que, por ejemplo, *Marte* es atraído por el sol.[26]

CAPITULO VIII

MAS SOBRE LAS MARAVILLAS DE LA REFRACCION DE LA LUZ. QUE UN SOLO RAYO DE LUZ CONTIENE EN SI TODOS LOS COLORES POSIBLES. ¿QUÉ ES LA REFRANGIBILIDAD? NUEVOS DESCUBRIMIENTOS

Figuraciones de Descartes sobre los colores. Error de Malebranche. Experiencia y demostración de Newton. Anatomía de la luz. Colores en los rayos primitivos. Vanas objeciones en contra de estos descubrimientos. Críticas todavía más vanas. Experiencia importante.

Si preguntáis a los filósofos qué produce los colores, *Descartes* os responderá que *está determinado que los glóbulos de sus elementos giren sobre ellos mismos, además de su tendencia al movimiento en línea recta, y que son los diferentes giros los que producen los diferentes colores.* Pero sus elementos, sus glóbulos, su giro, ¿requieren, de verdad, de la piedra de toque de la experiencia, para que lo falso se haga apreciable? Una multitud de demostraciones destruye tales quimeras.

Por su parte, *Malebranche* viene a decirnos: *Es verdad que Descartes se equivocó: su remolino de glóbulos no es sostenible; la causa de los colores no son los glóbulos de materia, sino pequeños torbellinos de materia sutil que giran y tienen capacidad para comprimirse; y los colores, como los sonidos, consisten en vibraciones de presión.* Y agrega: *Me parece imposible descubrir por algún medio las relaciones exactas de tales vibraciones*, es decir, de los colores. Observaréis que hablaba en tales términos en la Academia de Ciencias, en 1699, y que esas proporciones ya se habían descubierto en 1675; no las proporciones inexistentes de vibraciones de pequeños torbellinos, sino las proporciones de refrangibilidad de los rayos que contienen los colores, como pronto veremos. Aquello que creía imposible había sido ya demostrado a la vista, reconocido verdadero por

los sentidos, lo que seguramente habría disgustado mucho al padre *Malebranche*.

Reconociendo la debilidad de estas suposiciones, otros filósofos afirman más verosímilmente: *Los colores provienen de la mayor o menor reflexión de los cuerpos coloreados. El blanco es el que más se refleja; el negro es el que menos se refleja. Los colores más brillantes serán entonces aquellos que más rayos aportan. El rojo, por ejemplo que fatiga un poco la vista, debe estar compuesto de más rayos que el verde que la descansa más.* Esta hipótesis (ya sospechosa, en tanto hipótesis) aparece como un vulgar error con sólo contemplar un cuadro con luz un poco débil, y después a pleno día. Ya que siempre se observan los mismos colores. El blanco apenas iluminado por una vela siempre es blanco, y un verde iluminado por mil lámparas siempre será verde.

Dirigíos por último a *Newton*. Os dirá: No me creais, no creais más que a vuestros ojos y a las matemáticas; entrad en una habitación completamente oscura, en la que la luz del día sólo penetre por un orificio extremadamente pequeño; el rayo de luz que llega al papel os dará la blancura. Exponed transversalmente a un rayo de luz un prisma de vidrio (*figura* 2.19); colocad después una hoja de papel PP frente al prisma a una distancia aproximada de dieciseis o diecisiete pies. Sabéis que la luz se parte al entrar del aire al prisma; sabéis que se parte en sentido contrario al salir del prisma al aire. Si no se partiese de esa forma, caería desde el orificio al piso de la habitación Z. Pero como es obligado que la luz al salir se aleje de la línea Z, irá entonces a chocar con el papel. Es ahí en donde reposa todo el secreto de la luz y de los colores. El rayo de luz que cae sobre el prisma no es, como se creía, un rayo simple; es un haz de siete haces principales de rayos, cada uno de los cuales es portador de un color primitivo, primordial, que le es propio. De las combinaciones de esos siete rayos surgen todos los colores de la naturaleza; y los siete, todos juntos, forman la blancura cuando se reflejan uni-

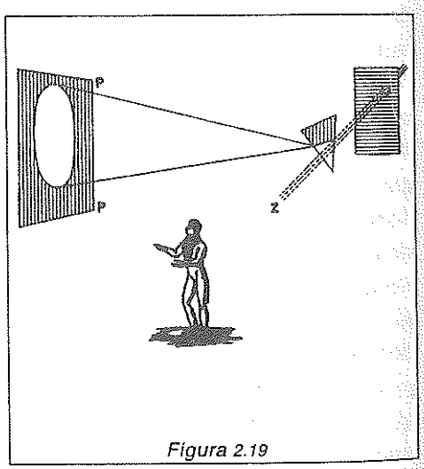

Figura 2.19

dos en un objeto.

Profundizad en este admirable artificio. Ya habíamos insinuado que todos los rayos de luz no se refractan, no se parten de la misma forma; lo que aquí ha ocurrido es una demostración evidente a los ojos. Los siete rayos de luz, procedentes del interior del rayo que se ha *atomizado* al salir del prisma, vienen a colocarse todos en su orden sobre el papel blanco, ocupando cada uno una porción del espectro. El rayo con menos fuerza para continuar su camino, con menor rigidez, con menor sustancia, se aleja más en el aire respecto a la perpendicular al prisma. El más fuerte (*figura* 2.20), el más denso, el más vigoroso, se separa menos. ¿Observáis los siete rayos que se rompen, unos encima de los otros? Cada uno dibuja sobre el papel el color primitivo que en sí mismo porta. El primer rayo que se separa menos de la perpendicular del prisma es del color del fuego, el segundo anaranjado, el tercero amarillo, el cuarto verde, el quinto azul, el sexto púrpura; por último, el que más se separa de la perpendicular y más se eleva por encima de los otros es el violeta. Un solo haz de luz, que antes formaba el color blanco, está compuesto, pues, de siete haces, cada uno con su color. Luego, la reunión de siete rayos primordiales da el blanco.

Si todavía dudáis, tomad una de las lentes biconvexas del anteojo, que reúnen todos los rayos en sus focos: poned la lente ante el orificio por donde entra la luz: en su foco siempre veréis un círculo blanco. Colocad la misma lente en el punto en donde pueda reunir los siete rayos salidos del prisma; como veis, reúne los siete rayos en su foco (*figura* 2.21). El color de los siete rayos reunidos es blanco: luego, está demostrado que el color de todos los rayos juntos es el blanco. Por consiguiente, el negro es el cuerpo que no refleja ningún rayo. Porque, cuando con la ayuda del prisma habéis separado uno de los rayos primitivos y lo exponéis a un espejo, a una lente convexa, a otro prisma, nunca cambiará de color,

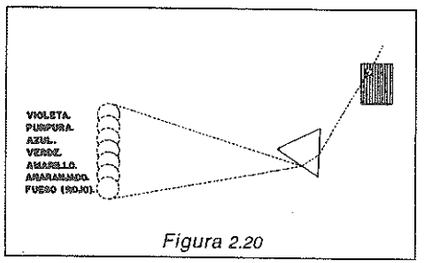

Figura 2.20

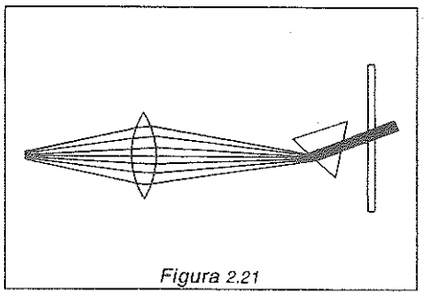
Figura 2.21

jamás se escindirá en otros rayos. Contener en sí tal color es su esencia; nada puede alterarlo. Y excediéndonos en pruebas, tomad hilos de seda de diferentes colores; exponed, por ejemplo, un hilo de seda blanco al rayo rojo: la seda se vuelve roja; colocadla ante el rayo amarillo: se hará amarilla; y así con el resto. En fin, ni la refracción, ni la reflexión, ni ningún otro medio imaginable puede cambiar ese rayo primitivo, como ocurre al oro, que, por más que se le someta al crisol, es inalterable.

Esta propiedad de la luz, esta desigualdad en las refracciones de sus rayos, ha sido llamada por *Newton* refrangibilidad. Al comienzo hubo resistencias contra este hecho y fue negado por mucho tiempo, porque a M. *Mariotte*, en Francia le fallaron las experiencias de *Newton*. Se prefirió decir que *Newton* se había ufanado de ver lo que nunca vio, antes que pensar que *Mariotte* no se había preparado de la mejor forma para verlo, y que no fue bastante afortunado en su elección de los prismas que usó.[27] Más aún, cuando esas experiencias fueron bien hechas, y cuando la verdad fue mostrada ante nuestros ojos, subsistió el prejuicio hasta el punto de que, en varios periódicos y en algunos libros publicados después de 1730, se negaba audazmente las mismas experiencias que, a pesar de todo, ya se realizan en toda Europa. Igual que cuando, tras el descubrimiento de la circulación de la sangre, se sostuvieron también tesis contra esta verdad, e incluso se intentó ridiculizar a quienes explicaban el nuevo descubrimiento, llamándolos *circulatores*. Cuando finalmente era imperativo rendirse ante la evidencia, tampoco lo hicieron: visto el hecho, se liaron con la expresión; se levantaron contra el término refrangibilidad, lo mismo que contra el de atracción o de gravitación. ¡Ah! ¿qué importa el término, con tal de que indique una verdad? Cuando *Cristóbal Colón* descubrió la isla Hispaniola, ¿no pudo imponerle el nombre que quiso? ¿Y no corresponde a los inventores nominar aquello que crean o que descubren? ¡Se ha clamado, se ha escrito contra palabras que *Newton* emplea con la mayor precaución para prevenir errores!

Denomina a los rayos rojos, amarillos, etc. rayos, *rubrifiques, jaunifiques*, es decir, que excitan la sensación del rojo, del amarillo. Se proponía así cerrar la boca a cualquiera que tuviese la ignorancia o mala fe de imputarle que creía, como *Aristóteles*, que los colores, en los rayos amarillos y rojos, son la naturaleza misma de la cosa, y no en nuestra alma. Tenía razón al temer tal acusación. He encontrado hombres, por lo demás respetables, que me han asegurado que, siendo *Newton* peripatético, pensaba que de

hecho los rayos son de naturaleza coloreados, como antes se creía que el fuego era caliente; pero esos críticos me han asegurado también que *Newton* era ateo. Es cierto que ellos no habían leído su libro, sino que habían escuchado hablar a gentes que escribieron contra sus experiencias sin haberlas visto. Lo más suave que primero se escribió contra *Newton* fue que su sistema es una hipótesis; pero, ¿qué es una hipótesis?: una suposición. ¿Se puede, en verdad, definir como suposición hechos tantas veces demostrados? ¿Es que por haber nacido en Francia hay que ruborizarse de recibir la verdad de manos de un Inglés? Tal sentimiento sería muy indigno de un filósofo. Para quien piense no hay ni Francés ni Inglés; quien nos instruye es un compatriota.

Es evidente que la refrangibilidad y la reflexión tienen la misma causa. Al estar vinculada a la refracción, la refrangibilidad que acabamos de estudiar debe proceder del mismo principio. La misma causa debe presidir la interacción de todos estos resortes: así es el orden natural. Todos los vegetales se nutren según las mismas leyes; todos los animales tienen los mismos principios vitales. Sea como fuere lo que ocurre a los cuerpos en movimiento, las leyes del movimiento son invariables. Ya hemos visto que la reflexión de la luz es el efecto de un poder que no es la impulsión (al menos la conocida); ese mismo poder se percibe en la refrangibilidad; al separarse los rayos a distintas distancias, nos están advirtiendo que el medio al que pasan actúa sobre ellos desigualmente. Un haz de rayos es atraído a una lente; pero tal haz de rayos está compuesto de sustancias diferentes. Sus masas son, pues, desigualmente atraídas; según esto, deben entonces reflejarse en el prisma en la misma proporción en que son refractados; el rayo más reflexible debe ser el más refrangible.

El prisma ha enviado al papel siete colores: girad el prisma sobre sí mismo en el sentido A B C (*figura* 2.22), pronto encontraréis el ángulo con el que toda la luz se refleja del interior al exterior del prisma, en lugar de pasar al papel. Tan pronto como comenzáis a aproximaros a tal ángulo, veis que de pronto el rayo violeta se separa del papel, y que está en el techo de la habitación.

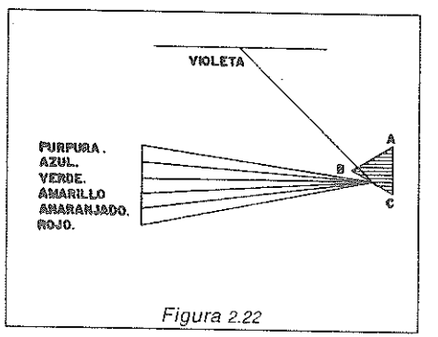

Figura 2.22

Tras el violeta viene el púrpura, el azul; por último el rojo deja el papel donde está reflejado, para reflejarse también en el techo; así, un rayo es más reflexible en la medida en que es más refrangible; luego, la misma causa actúa en la reflexión y en la refrangibilidad.

Ahora bien, la parte sólida de la lente no produce la refrangibilidad ni la reflexión; y, una vez más, tales propiedades son consecuencia de una causa distinta a la impulsión conocida en la tierra. Nada se puede objetar contra estas experiencias; hay que someterse a ellas, por rebeldes que seamos a la evidencia.[28]

CAPITULO IX

DEL ARCO IRIS; QUE TAL METEORO ES CONSECUENCIA NECESARIA DE LAS LEYES DE LA REFRANGIBILIDAD

Mecanismo del arco iris desconocido en toda la antigüedad. Ignorancia de Alberto el grande. El arzobispo Antonio de Dominis fue el primero en explicar el arco iris. Su experiencia, imitada por Descartes. La refrangibilidad, única razón del arco iris. Los dos arco iris. Tal fenómeno siempre visto en semicírculo.

El arco iris,o Iris, es consecuencia necesaria de las propiedades de la luz, que acabamos de observar.

Nada hay en los escritos de los griegos, ni de los Romanos, ni de los Arabes, que pueda hacernos pensar que conocieron las razones de este fenómeno. Nada dice *Lucrecio*; y de acuerdo con todos los disparates que proclama en nombre de *Epicuro* sobre la luz y sobre la visión, parece que su siglo, tan refinado ya, estaba inmerso en una profunda ignorancia en cuestiones de física. Se creía que una nube espesa, para convertirse en lluvia, debía ser expuesta a los rayos del sol, y que nuestros ojos, para ver lo que llamaban Iris, tendrían que hallarse entre el astro y la nube: *mille trahit varios adverso sole colores*; mas veamos todo lo que se sabía; nadie imaginaba ni por qué una nube formaba los colores, ni como se determinan la naturaleza y el orden de los colores, ni por qué hay dos arco iris uno sobre otro, ni por qué siempre se ven estos fenómenos con figura semicircular.

Alberto, a quien se ha llamado *el Grande* porque vivía en un siglo en que los hombres eran demasiado pequeños, se imaginó que los colores del arco iris provenían de un rocío situado entre nosotros y la nube, y que la nube nos enviaba los colores que recibía. Observaréis además que este *Alberto*

el Grande creía, con la escuela en pleno, que la luz era un accidente.

Por último, el célebre *Antonio de Dominis*, arzobispo de Spalatro en Dalmacia, escribió hacia el año 1590 su pequeño tratado *De radiis lucis et de Iride*, que sería impreso en Venecia veinte años después.[29] Fue el primero en mostrar que los rayos del sol, reflejados dentro mismo de las gotas de lluvia, formaban la imagen que aparece en arco, y que nos parece un milagro inexplicable; convirtió en natural el milagro, o mejor, lo explicó según nuevos prodigios de la naturaleza. Su descubrimiento fue tanto más singular cuanto que además sólo tenía nociones muy equivocadas de la manera en que vemos. Asegura en su libro que las imágenes de los objetos están en la pupila, y que en nuestros ojos no se opera ninguna refracción: ¡Cosa muy singular en un buen filósofo. Había descubierto las refracciones, entonces desconocidas, en las gotas del arco iris, y negaba las realizadas en los humores del ojo, que comenzaban a ser demostradas; pero dejemos tales errores para examinar la verdad que encontró.

Con una sagacidad por entonces muy poco común, vio que cada hilera, cada banda de gotas de lluvia que forma el arco iris, debía devolver los rayos de luz con diferentes ángulos; observó que la diferencia de ángulos debía producir la de colores: midió el tamaño de esos ángulos; tomó una bola de un cristal muy transparente y la llenó de agua; la suspendió a cierta altura, expuesta a los rayos del sol. *Descartes*, quien siguió a *Antonio de Dominis*, corrigiéndolo y superándolo en alguna cosa, y al cual habría debido citar, también hizo la misma experiencia. Al suspender la bola a la altura en que el rayo de luz solar que incide en la bola forme, con el rayo que va de la bola al ojo, un ángulo de cuarenta y dos grados más dos o tres minutos, la bola siempre está de color rojo. Cuando la bola se suspende un poco más abajo y los ángulos son más pequeños, aparecen sucesivamente los otros colores del arco iris; de manera que el ángulo mayor, en este caso, da el rojo, y el ángulo menor de cuarenta grados y diecisiete minutos produce el violeta. En esto radica el fundamento para conocer el arco iris; mas sólo es el fundamento.

Sólo la refrangibilidad da cuenta de un fenómeno tan ordinario, tan poco conocido, y del que muy pocos principiantes tienen una idea clara; tratemos de hacerlo comprensible a todo el mundo. Suspendemos una bola de cristal llena de agua, expuesta al sol; coloquémonos entre ella y el sol; ¿por qué la bola me envía colores? ¿y por qué ciertos colores? Masas de luz, millones de haces, caen del cielo a la bola: en cada uno de los haces

hay rasgos primitivos, rayos homogéneos, unos rojos, otros amarillos, varios verdes, etc., y todos se parten al incidir en la bola; cada uno se parte diferentemente según su especie y según el lugar por donde entra. Ya sabéis que los rayos rojos son los menos refrangibles; los rayos rojos de un cierto haz dado irán pues a reunirse en algún punto fijo del fondo de la bola, mientras que los rayos azules y púrpuras del mismo haz irán a otro lugar. Los rayos rojos también saldrán de la bola por un punto, y los verdes, los azules, los púrpuras por otro. Con esto no basta; hay que examinar los puntos en donde caen los rayos rojos al entrar en la bola, y por donde salen hasta alcanzar vuestro ojo.

Para dar a todo esto el grado de claridad necesario, concibamos la bola tal y como en efecto es: un conjunto infinito de superficies planas; porque estando compuesto el círculo por una infinidad de rectas infinitamente pequeñas, la esfera no es en su circunferencia sino una infinidad de superficies (*figura* 2.23). Los rayos rojos del sol ABC llegan paralelos hasta las tres pequeñas superficies. ¿No es verdad que cada uno se parte según su grado de incidencia? ¿No es evidente que el rayo rojo A cae en la pequeña superficie más oblicuamente de lo que el rayo B cae en la suya? Así, ambos llegan al punto R por diferentes caminos. El rayo rojo C, al caer en su pequeña superficie aún menos oblicuamente, se rompe mucho menos, y llega también al punto R partiéndose sólo un poco. Tengo entonces tres rayos rojos, es decir, tres haces de rayos rojos que confluyen en el mismo punto R. En el punto R cada uno toma un ángulo de reflexión igual a su ángulo de incidencia; cada uno se parte al emerger de la bola, separándose de la perpendicular a la superficie nueva que encuentra, de la misma manera que cada uno se rompió al incidir, aproximándose a su perpendicular; así, todos salen paralelos y, por tanto, todos entran en el ojo. Si hay suficiente cantidad homogénea de trazos rojos para excitar el nervio óptico, es innegable que sólo tendréis la sensación del rojo. Son esos rayos A B C los que llamamos

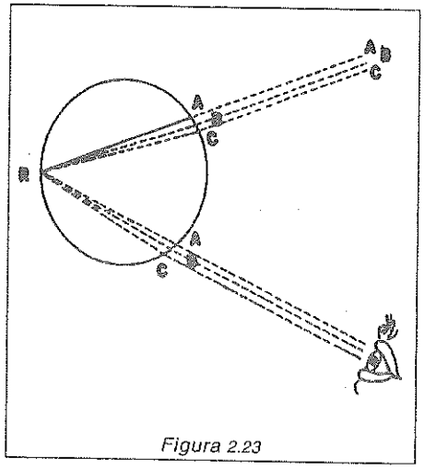

Figura 2.23

rayos invisibles, *rayos eficaces* de la gota, porque cada gota tiene sus rayos visibles para el ojo que se encuentra en la trayectoria de los rayos rojos paralelos; y para que esto suceda, es necesario que las líneas trazadas desde el sol y desde el ojo al glóbulo, formen un ángulo de 42 grados 2 minutos.

Hay miles de rayos rojos que, llegando a otras pequeñas superficies de la bola, más arriba o más abajo, no terminan en R, o que cayendo en esas mismas superficies con otra oblicuidad tampoco terminan en R; éstos se os escapan; llegarán a otro ojo colocado más arriba o más abajo.

En verdad son millares los rayos anaranjados, verdes, azules, violetas, que llegan a las superficies ABC con los rayos visibles; pero no podréis recibirlos; ya sabéis la razón: todos son más refrangibles que los rojos; cuando entran todos por el mismo punto, cada uno toma un camino diferente en la bola; como todos se desvían más, llegan por encima del punto R; también se rompen más que los rojos al salir de la bola. El mismo poder que los acercaba más a la perpendicular a cada superficie en el interior de la bola, también los separa más en su salida al aire: luego, todos pasan por encima de vuestro ojo; pero bajad la bola: se reduce el ángulo. Cuando este ángulo sea de cerca de cuarenta grados y diecisiete minutos, sólo recibiréis objetos violetas.

Con arreglo a este principio, todo el mundo puede imaginar sin dificultad el artificio del arco iris; suponed varias filas, varias bandas de gotas de lluvia; cada gota produce precisamente el mismo efecto que la bola.

Fijad la vista en el arco y, para evitar confusiones, considerad tres filas de gotas de lluvia, tres bandas coloreadas. Es evidente que el ángulo P O L es más pequeño que el ángulo V O L, y que el ángulo R O L es el mayor de los tres (*figura* 2.24). El ángulo mayor entre los tres es pues el de los rayos rojos primitivos; el intermedio es el de los primitivos verdes; el más pequeño P O L es el de los primitivos púrpuras. Entonces debéis ver el arco iris rojo en el borde exterior, el verde en el intermedio, el púrpura y el violeta en la banda interior. Tened en cuenta solamente que la última capa violeta siempre está teñida del color blanquecino de la nube en la que se pierde.

Es, pues, fácil comprender que no veis tales gotas sino con los rayos eficaces que llegan a vuestros ojos tras una reflexión y dos refracciones, y bajo ángulos precisos. Si vuestro ojo cambia de lugar, si en lugar de estar

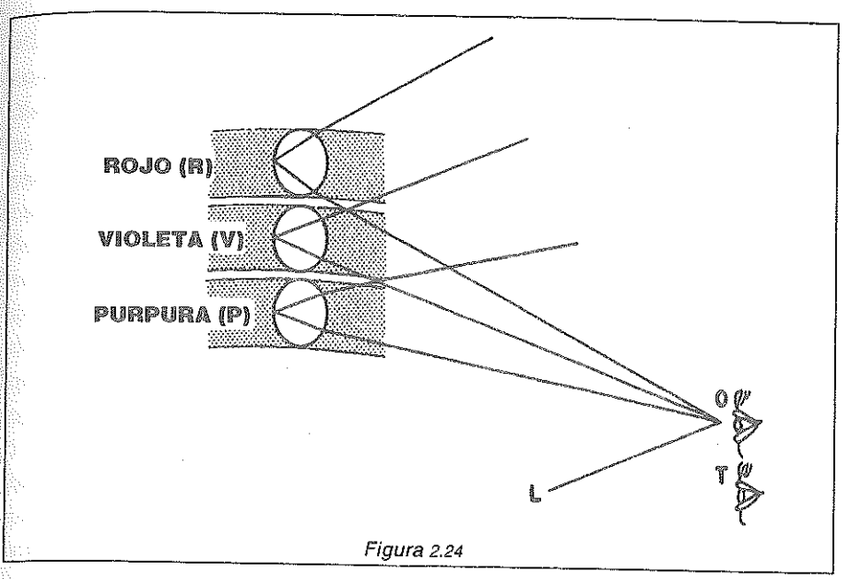

Figura 2.24

en O está en T, los rayos que veais no serán los mismos: la banda que os daba el rojo os dará ahora el anaranjado o el verde, y así para el resto; y con cada movimiento de cabeza veréis un arco iris nuevo.

Habiendo concebido correctamente este arco iris, lograréis fácilmente comprender el segundo, que de ordinario lo vemos abrazado al primero, y que es llamado el falso *arco iris* por ser menos vivos los colores y por estar invertido su orden. Para que podáis ver dos arcos iris basta que la nube sea bastante extensa y espesa. El arco que se dibuja encima del primero, abrazándolo, se forma también por los rayos lanzados por el sol a las gotas de agua, los cuales se rompen y reflejan de manera que cada hilera de gotas también os envía rayos primitivos: esta gota, un rayo rojo; esa otra, un rayo violeta. Pero todo en el gran arco es opuesto a lo que ocurre en el pequeño; ¿y eso por qué? Porque vuestro ojo, que percibe los rayos eficaces del arco pequeño llegados desde el sol a la parte superior de las gotas, recibe del arco grande, por el contrario, los rayos que llegan a la parte inferior de las gotas.

Notaréis que las gotas de agua del arco pequeño reciben los rayos del sol por la parte superior, por arriba en cada gota (*figura* 2.25); las gotas del arco iris grande, al contrario, reciben los rayos que provienen de la parte de abajo. Nada os será más fácil, creo yo, que comprender que los

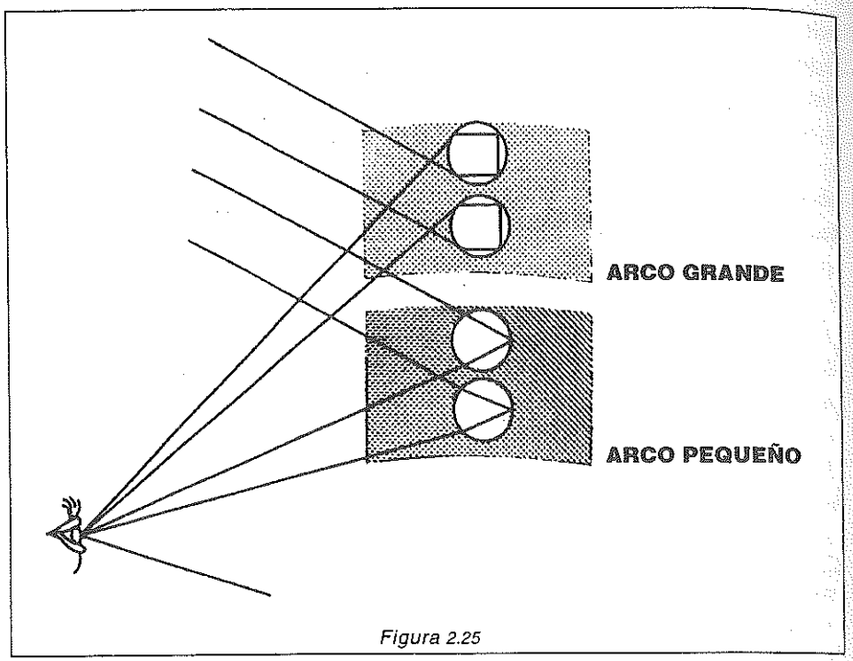

Figura 2.25

rayos se reflejan dos veces en las gotas del arco iris grande, y que dichos rayos, dos veces refractados y dos veces reflejados, os dan un arco iris con un orden opuesto al primero, y de colores más débiles. Acabáis de ver, así, que los rayos entran en la pequeña parte de abajo de las gotas de agua del iris exterior.

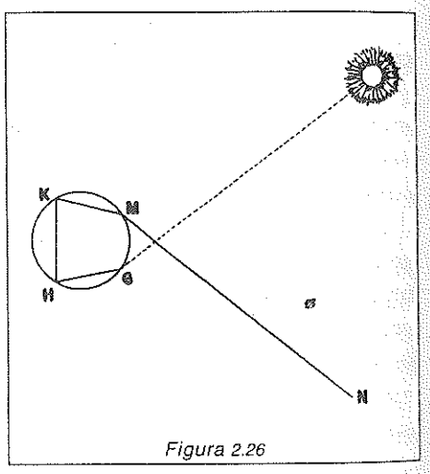

Figura 2.26

Una masa de rayos se presenta en la superficie de la gota en G (*figura* 2.26); allí, una parte de esos rayos se refracta hacia el interior y otra se dispersa hacia fuera; he ahí ya una pérdida de rayos para el ojo. La parte refractada llega a H; la mitad se escapa al aire saliendo de la gota. y también se os pierde. Lo poco que se ha conservado en la gota se va a K;

allí una parte se escapa nuevamente: tercera disminución. Lo que queda en K se va a M y, al emerger en M, otra parte se escapa de nuevo: cuarta disminución; por fin, lo que queda llega a la línea MN. Observad, pues, que en esta gota hay tantas refracciones como en las gotas del arco pequeño; pero en el arco grande hay, como veis, dos reflexiones en lugar de una. Luego se pierde el doble de la luz en el arco grande porque la luz se refleja dos veces; y se pierde la mitad en el pequeño interior donde las gotas no sufren sino una reflexión. Queda claro entonces que el arco iris exterior siempre será de colores aproximadamente dos veces más débiles que los del pequeño arco interior. Queda así demostrado, debido al doble camino que hacen los rayos, que éstos deben llegar a vuestros ojos en un sentido opuesto al del primer rayo, puesto que vuestro ojo está situado en O (*figura* 2.27). En el punto O, recibe los rayos menos refrangibles de la primera banda exterior del arco pequeño y debe recibir los más refrangibles de la primera banda exterior del segundo arco; los más refrangibles son los violetas. Vemos, pues, los dos arco iris en su orden, no habiendo considerado sino tres colores para evitar confusiones.

Lo único que resta por explicar es por qué los colores son siempre percibidos con figura circular. Considerad la línea O Z que pasa por

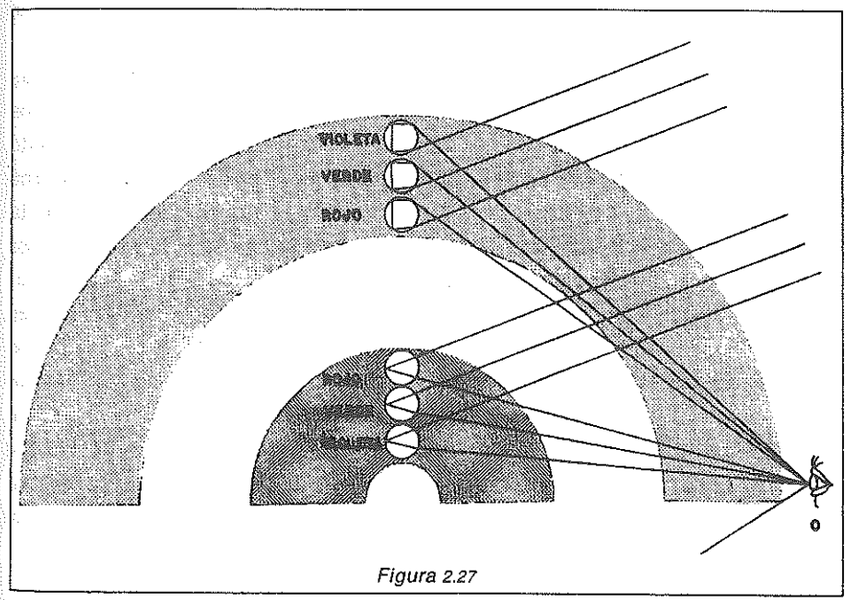

Figura 2.27

vuestro ojo y por el sol. Supongamos que estas dos bolas se mueven siempre conservando la distancia respecto al ojo; así mismo, sea invariable el ángulo comprendido por las líneas trazadas desde el sol a vuestro ojo; describirán bases de conos (*figura* 2.28) cuyos vértices siempre estarán en el ojo. Imaginad que el rayo de la gota de agua R, al llegar al ojo O, gira alrededor de la línea O Z como alrededor de un eje, formando siempre, por ejemplo, un ángulo Z O R de cuarenta y dos grados dos minutos; está claro que la gota describirá un círculo que os parecerá rojo. Sea otra gota V que gira igualmente, formando siempre otro ángulo V O Z de cuarenta grados diecisiete minutos; ella formará un círculo violeta: todas las gotas que están en ese plano formarán pues un círculo violeta, y las gotas que estén en el plano de la gota R formarán un círculo rojo. Veréis pues el arco iris como un círculo; pero no veis el círculo completo, porque la tierra lo corta; sólo veis un arco, una porción de círculo.

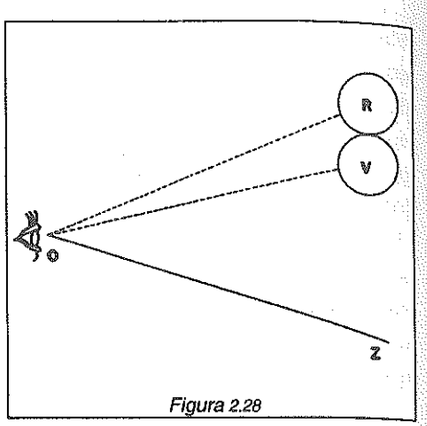

Figura 2.28

La mayor parte de estas verdades todavía no podían ser comprendidas por *Antonio de Dominis* ni por *Descartes*: no podían saber por qué los diferentes ángulos dan distintos colores; pero fue mucho haber encontrado el arte. Las finuras del arte raramente son debidas a los primeros inventores. No pudiendo, pues, adivinar que los colores dependían de la refrangibilidad de los rayos, que cada rayo contenía en sí un color primitivo, que la diferente atracción sobre los rayos determinaba su refrangibilidad y producía las separaciones que motivan los diferentes ángulos, *Descartes* se abandonó a su espíritu inventivo para explicar los colores del arco iris. Emplea para ello los *remolinos* imaginarios de sus glóbulos y *la tendencia al remolino*; prueba de ingenio, mas prueba de error. De la misma manera, al explicar la *sístole* y la *diástole* del corazón, imaginó un movimiento y una conformación de esta víscera, cuya falsedad ha sido reconocida por todos los anatomistas. *Descartes* habría sido el más grande filósofo de la tierra si hubiese inventado menos.

CAPITULO X

NUEVOS DESCUBRIMIENTOS SOBRE LA CAUSA DE LOS COLORES QUE CONFIRMAN LA DOCTRINA PRECEDENTE. DEMOSTRACION DE QUE LOS COLORES SON CAUSADOS POR EL ESPESOR DE LAS PARTES QUE COMPONEN LOS CUERPOS SIN QUE LA LUZ SE REFLEJE EN ESAS PARTES

Conocimiento más profundo sobre la formación de los colores. Grandes verdades sacadas de una experiencia común. Experiencias de Newton. Los colores dependen del espesor de las partes de los cuerpos, sin que esas partes reflejen la luz. Todos los cuerpos son transparentes. Prueba de que los colores dependen de los espesores, sin que de hecho las partes sólidas devuelvan la luz.

De todo lo que hasta ahora hemos dicho resulta, pues, que todos los colores se producen por la mezcla de los siete colores primordiales que el arco iris y el prisma nos permiten ver diferenciadamente.

Los cuerpos más propios para reflejar rayos rojos, y cuyas partes absorben o dejan pasar los otros rayos, serán rojos, y así para los demás. Ello no quiere decir que las partes de tales cuerpos reflejen de hecho los rayos rojos, sino que existe un poder, una fuerza hasta ahora desconocida, que refleja esos rayos en la proximidad de las superficies y en el seno de los poros de los cuerpos.

Los colores, por consiguiente, están en los rayos del sol y se nos reflejan desde las proximidades de las superficies de los poros y desde el vacío. Averigüemos ahora en qué consiste el poder aparente de los cuerpos para reflejarnos los colores; lo que hace que el escarlata parezca rojo, que los prados sean verdes, que un cielo puro sea azul; porque decir que ello

proviene de la diferencia de sus partes es decir una vaguedad que no explica absolutamente nada.

Un juego de niños, que no parece tener en sí mismo ningún valor, dio a M. *Newton* la primera idea de las nuevas verdades que vamos a explicar. Todo debe ser para un filósofo asunto de meditación, y nada es pequeño a sus ojos. Se percató de que en las bombas de jabón que hacen los niños, los colores cambian constantemente desde la parte superior de la bola, a medida que su espesor disminuye, hasta que finalmente el agua y el jabón caen por el peso, rompiéndose. De ahí que supusiera que los colores bien podrían depender del espesor de las partes que componen las superficies de los cuerpos y, para confirmarlo, hizo las siguientes experiencias.

Sean dos cristales que se tocan en un punto; no es necesario que ambos sean convexos, basta que lo sea el primero y que el otro esté debajo. Coloquemos agua entre los dos vidrios para hacer más apreciable la experiencia que también se hace en el aire; presionemos levemente los vidrios uno contra el otro: entonces, una pequeña mancha negra transparente aparece en el punto de contacto de los dos vidrios; en dicho punto, rodeado por un poco de agua, se forman anillos coloreados en el mismo orden y de la misma manera que en la bomba de jabón; por último, midiendo el diámetro de los anillos y de la convexidad del vidrio, *Newton* determinó los diferentes espesores de las partes de agua que dan los distintos colores; calculó el espesor de agua necesario para reflejar los rayos blancos: este espesor es aproximadamente de cuatro partes de una pulgada dividido por un millón, es decir, cuatro millonésimas de pulgada; el azul cielo y los colores tirando a violeta dependen de un espesor mucho menor. Así, los vapores más pequeños que suben desde tierra y que colorean el aire sin nubes, al tener una superficie muy delgada producen el azul celeste que deleita la vista.

Otras experiencias igualmente precisas apoyaron también el descubrimiento de que los colores dependen del espesor de las superficies. El mismo cuerpo, verde cuando era espeso, se vuelve azul cuando es suficientemente delgado para que no se reflejen los rayos azules y deje pasar los otros. Tales verdades, investigadas tan perspicazmente y que parecen ocultarse a la vista humana, bien merecen ser seguidas de cerca; esta parte de la filosofía es un microscopio con el que nuestro entendimiento descubre magnitudes infinitamente pequeñas.

Todos los cuerpos son transparentes; basta hacerlos suficientemente delgados para que los rayos, con sólo encontrar una lámina, una hoja que atravesar, pasen a través de ella. Así, cuando se coloca papel de oro ante un orificio en una cámara oscura, la superficie refleja rayos amarillos que no pueden atravesar su sustancia, y transmite rayos verdes a la cámara oscura; de manera que el oro produce entonces un color verde: nueva confirmación de que los colores dependen de los diferentes espesores. Una prueba todavía más sólida es que en la experiencia del vidrio convexo, el agua no es el único elemento cuyos diversos espesores dan distintos colores; el aire produce el mismo efecto, sólo que los anillos coloreados que produce entre los dos vidrios tienen más diámetro que los del agua. Hay, pues, en la naturaleza una relación secreta entre la fuerza de las partes constituyentes de todos los cuerpos y los rayos primitivos que colorean los cuerpos; las láminas delgadas darán los colores más débiles; y para dar el negro se requerirá justamente el mismo espesor, o mejor, la misma tenuidad, la misma delgadez que tenía la pequeña parte superior de la bola de jabón donde se percibía un pequeño punto negro, o bien la misma sutilidad existente en el punto de contacto entre el vidrio convexo y el vidrio plano donde también se produce una mancha negra.

Pero una vez más, que no se crea que los cuerpos reflejan la luz en sus partes sólidas, cuando afirmamos que los colores dependen del espesor de sus partes. Existe un poder asociado a dicho espesor, un poder que actúa cerca de la superficie, mas de ningún modo es la superficie sólida donde rebota, la que refleja. Me parece que el lector debe haber alcanzado el punto donde nada debe sorprenderle; pero lo que acaba de ver conduce aún más lejos de lo que se piensa, y tantas singularidades definen, por así decirlo, las fronteras de un nuevo mundo.

CAPITULO XI

CONSECUENCIA DE ESTOS DESCUBRIMIENTOS. ACCION MUTUA DE LOS CUERPOS SOBRE LA LUZ

Experiencia muy singular. Consecuencias de tales experiencias. Acción mutua de los cuerpos sobre la luz. Toda esta teoría de la luz está relacionada con la teoría del universo. La materia es más compleja de lo que se piensa.

Se conocen la reflexión de la luz, su inflexión, su refracción y su refrangibilidad; se ha descubierto el origen de los colores, y se ha determinado incluso el espesor necesario de los cuerpos para ocasionar ciertos colores.[30]

Es una propiedad demostrada al entendimiento y a los ojos que las superficies sólidas no reflejan los rayos; ya que si en efecto las superficies sólidas los reflejaran: 1º. El punto donde se tocan dos vidrios convexos reflejaría y no sería un punto oscuro. 2º. Cada parte sólida que devolviera cualquier especie de rayos, debería también devolveros las demás especies de rayos. 3º. Las partes sólidas no transmitirían la luz en un lugar y la reflejarían en otro lugar; puesto que siendo todas sólidas, todas reflejarían. 4º. Si las partes sólidas reflejaran la luz, sería imposible verse en un espejo como se ha dicho, ya que al estar el espejo arrugado y áspero, no podría devolver la luz de una manera regular. Por tanto, es indiscutible que existe un poder que actúa sobre los cuerpos sin tocarlos, y que tal poder actúa entre los cuerpos y la luz. Por último, lejos de que la luz rebote sobre los cuerpos mismos y vuelva a nosotros, hay que aceptar que la mayor parte de los rayos que chocan con las partes sólidas se queda allí, se pierde y desaparece.[31]

No llevaremos más lejos esta introducción a la luz; tal vez nos hayamos limitado demasiado a los simples rudimentos; pero la mayoría de tales verdades eran novedosas *para muchos lectores cuando publicamos esta obra.*[32] Antes de pasar a la otra parte de la filosofía, recordaremos que la teoría de la luz tiene algo en común con la teoría del universo, en la que vamos a entrar. Esta teoría enseña que existe una especie de atracción específica entre los cuerpos y la luz, como veremos que hay otra entre los globos de nuestro universo. Tales atracciones se manifiestan por efectos diferentes; mas siempre es una tendencia de unos hacia otros, descubierta con la ayuda de la experiencia y de la geometría.[33]

Estos descubrimientos deben servirnos al menos para ser extremadamente circunspectos en nuestras decisiones sobre la naturaleza y la esencia de las cosas. Tengamos en cuenta que nunca conocemos nada sino mediante la experiencia. Sin el tacto nada sabríamos de la extensión de los cuerpos; sin los ojos, no habríamos podido desvelar la luz; si jamás hubiésemos experimentado el movimiento, nunca habríamos creído en la materia móvil; con el número tan reducido de sentidos que DIOS nos ha dado podemos descubrir un número muy pequeño de propiedades de la materia. La razón suple los sentidos que nos faltan, y nos enseña incluso que la materia tiene otros atributos, como la atracción, la gravitación; probablemente tenga muchos otros propios de su naturaleza que, tal vez, algún día la filosofía explicará a los hombres.

En cuanto a mí, confieso que cuanto más reflexiono sobre ello, más me sorprende que se tema reconocer un nuevo principio, una nueva propiedad en la materia. Tal vez las tenga en número infinito; nada se parece en la naturaleza. Es muy probable que el Creador haya hecho el agua, el fuego, el aire, la tierra, los vegetales, los minerales, etc., con principios y planes completamente diferentes. Es extraño rebelarse contra las nuevas riquezas que se nos presentan, pues ¿no se enriquece el hombre al descubrir nuevas cualidades en la materia con la que está hecho?

CARTA DEL AUTOR

QUE PUEDE SERVIR DE CONCLUSIÓN A LA TEORÍA DE LA LUZ

Habría tenido el honor de responderos con anterioridad, Señor, de no ser por las continuas enfermedades que ponen a prueba mi paciencia, más de lo que *Newton* pone a prueba mi entendimiento. Creo que vuestras dudas, Señor, surgen de lo mismo. Afirmáis que es lamentable que no se haya explicado con mayor claridad la razón por la que la fuerza atractiva es a veces repulsiva, y la fuerza por la cual los rayos de luz son emitidos con tan prodigiosa celeridad; y yo osaría agregar que es lamentable que no se haya podido conocer la causa de tales fenómenos. *Newton*, el primero de los hombres, no era más que un hombre, y los resortes primarios empleados por la naturaleza no se hallan a nuestro alcance cuando no han sido sometidos al cálculo. Por más que computemos la fuerza de los músculos, todas las matemáticas serán impotentes para enseñarnos por qué los músculos obedecen nuestra voluntad. Todos los conocimientos que tenemos de los planetas jamás nos enseñarán por qué giran de Occidente a Oriente antes que al contrario. No por haber anatomizado la luz, *Newton* descubrió su naturaleza íntima. Sabía muy bien que en el fuego elemental existen propiedades que no están en los otros elementos.

Recorre setenta millones de leguas en un cuarto de hora. No parece tender hacia un centro como los cuerpos, pero se expande similar y uniformemente en todos los sentidos, al contrario que los otros elementos. Su atracción hacia los objetos que toca, y en cuya superficie se refleja, no tiene ninguna relación con la gravitación universal de la materia.

Ni siquiera se ha demostrado que los rayos del fuego elemental no se penetren entre sí. Por ello, impresionado por todas esas singularidades, *Newton* parece dudar continuamente si la luz es un cuerpo. En cuanto a mí, Señor, aunque me atrevo a exponer mis vacilaciones, os confieso que

no creo imposible que el fuego elemental sea un ser aparte, que anima la naturaleza, y que está a medio camino entre los cuerpos y algún otro ser que desconocemos, al igual que ciertas plantas organizadas son la transición del reino vegetal al reino animal.[34] Todo tiende a hacernos creer que hay una cadena de seres que asciende por grados. Sólo conocemos imperfectamente algunos eslabones de esta cadena inmensa; y nosotros, pobres hombres, con nuestra corta vista y escaso talento nos atrevemos a separar la naturaleza en materia y espíritu, DIOS comprendido, sin que por otra parte sepamos una palabra de lo que en el fondo sean el espíritu y la materia. Os expongo mis dudas, Señor, con la misma franqueza que me habéis comunicado las vuestras. Os felicito por cultivar la filosofía, que debe enseñarnos a dudar de todo lo que no es incumbencia de las matemáticas y de la experiencia, etc.

NOTAS A LA SEGUNDA PARTE

1. La segunda parte de los *Elementos...* comenzaba en la edición de 1748 con una «Introducción»: «El principal fin de la investigación que voy a hacer es darme a mí mismo, y quizás a algunos lectores, ideas claras de las leyes primitivas de la naturaleza que Newton ha encontrado. Examinaré hasta dónde se había llegado antes de él, de dónde partió, dónde se detuvo y, a veces, lo que se ha encontrado después de él. Comenzaré por la luz, que sólo él conoció bien; terminaré con el examen de la gravedad y de esta ley general de gravitación o atracción, resorte universal de la naturaleza, cuyo descubrimiento sólo a él debemos.

Se intentará poner estos *Elementos* al alcance de quienes no conocen de Newton y de la filosofía más que el nombre. La ciencia de la naturaleza es un bien que pertenece a todos los hombres. Todos querrían tener conocimiento de su bien, pocos tienen tiempo o paciencia para calcularlo; Newton ha contado por ellos. Será necesario contentarse aquí, a veces, con la suma de los cálculos. Todos los días un hombre público, un ministro, se forma una idea justa del resultado de las operaciones que él mismo no pudo hacer; otros ojos vieron por él, otras manos trabajaron, y , mediante un recuento fiel, lo ponen en condiciones de dirigir su juicio. Cualquier hombre de espíritu estará más o menos en el caso de tal ministro.

La filosofía de Newton ha parecido, hasta el momento, a muchas personas tan inteligible como la de los antiguos; pero la oscuridad de los Griegos procedía de que, en efecto, no tenían luz alguna, y las tinieblas de Newton vienen de que su luz estaba demasiado lejana de nuestros ojos. Ha encontrado verdades, pero las ha buscado y situado en un abismo: es preciso descender y sacarlas a plena luz.» (MOLAND)

2. Se trata de una idea recurrente en Voltaire. En su *Siècle de Louis XIV* (capítulo 31) volvemos a encontrarla, reproduciendo incluso frases contenidas en las *Lettres philosophiques* (carta XIV): «Descartes apareció entonces; hizo lo contrario de lo que debía hacer: en lugar de estudiar la naturaleza, quiso adivinarla. Fue el mayor geómetra de su siglo, mas la geometría deja el espíritu tal como lo encuentra. El de Descartes era demasiado proclive a la invención. El primero de los matemáticos apenas hizo otra cosa que fabulaciones en filosofía. Un hombre que despreció las experiencias, que no citó nunca a Galileo, que quiso edificar sin materiales, sólo podía construir un edificio imaginario... Fue importante destruir las quimeras del peripatetismo, aunque a cambio de otras quimeras. Estos dos fantasmas se combatieron. Cayeron, uno después del otro, y la razón se elevó sobre sus ruinas.» Ver también el artículo *Cartésianisme* en sus *Questions sur L'Encyclopedie* (1770), donde, tras enumerar los 27 errores atribuibles al sistema de Descartes, le reconoce el mérito de haber reformado la filosofía.

3. Esta aceleración es una consecuencia de la teoría de Newton. La teoría de las ondulaciones conduce racionalmente al resultado inverso. Las célebres experiencias

de Foucault mostraron que la velocidad era más pequeña en los cuerpos más refringentes. Este hecho decide entre las dos teorías (DRESDE).

4. No fue Voltaire un admirador del abad Pluche. Las referencias a *Le Spectacle de la Nature* siempre fueron críticas y, con frecuencia, ironizó sobre las opiniones del clérigo.

5. N. A. Pluche (1688-1761) fue uno de los más importantes difusores y popularizadores de la ciencia moderna durante la Ilustración. *Le Spectacle de la Nature* (8 vols., París, 1732-1750) tuvo 57 ediciones francesas y 17 inglesas y puede decirse que formó parte de la práctica totalidad de las bibliotecas cultas del siglo XVIII. En los temas de filosofía natural adoptó una posición ecléctica y, en particular, en el tema que nos ocupa se adhirió al pensamiento de Privat de Molières, que aspiraba a una síntesis entre la física de Newton y los vórtices de Descartes. Su pretensión de ofrecer una imagen universal de la naturaleza que abarcara todos los saberes ha sido interpretada como una reacción contra el espíritu racional y analítico de los filósofos. Esta posibilidad, junto a la ambigüedad con que trata muchos aspectos de la física cartesiana y newtoniana, irritaron a Voltaire, quien, como se ve, también fue un lector atento del abad Pluche. Ver el artículo redactado por C. Limoges para el *Dictionary of Scientific Biography*.

6. Voltaire hace aquí alusión, como anteriormente, al principio de Pascal sobre la transmisión de la presión en los fluidos (DRESDE).

7. Mucho tiempo antes, buscando igualmente la paralaje del gran orbe, *Picard* también encontró en la estrella polar un movimiento aparente de sentido contrario al que debiera causar la paralaje. *Römer* observó también dichos movimientos estelares cuando buscaba la citada paralaje, sin sospechar que podían explicarse por el movimiento progresivo de la luz que había descubierto. Sin embargo, sólo se requería una reflexión tan sencilla como la siguiente: si el tiempo empleado por la luz en atravesar la órbita terrestre retrasa la aparición del fenómeno, también debe influir sobre la posición aparente de las estrellas.

8. Este último párrafo no estaba en las ediciones de 1738 y 1741 (MOLAND).

9. Son frecuentes en los *Elementos* los textos que revelan la influencia del sensualismo de Locke sobre Voltaire. Esta afirmación relativa al fuego y los fenómenos luminosos se repetirá, por ejemplo, en el tratamiento de la gravedad; en síntesis, Voltaire se adhiere, a veces en términos muy radicales, a la tesis de que sólo conocemos los fenómenos por sus efectos y, en consecuencia, mediante la observación empírica. Mme. du Chatêlet (*Institutions*, p. 27) no estaba de acuerdo: «al hacer uso de la razón ningún hombre debe contentarse con saber que tal cosa es posible, que existe, sino que también debe conocer la razón por la cual existe». L.G. Janik («Searching...», p. 93) analiza el talante prepositivista de Voltaire, quien supuestamente sólo aspiraba a conocer el *cómo*, y no el *por qué*, funciona el mundo. Parece claro, sin embargo, que pese a las declaraciones de Voltaire, no era ésta la actitud de Newton; I.B. Cohen (*La revolución...*, pp. 134 ss.) ha explicado hasta qué punto Newton buscó sin éxito, aún después de la publicación de los *Principia*, la causa de la gravedad; no obstante, nunca llegó a obsesionarle este problema, pues pensaba que su sistema del mundo acabaría imponiéndose en los medios académicos continentales.

10. La analogía entre el fuego y la luz se hizo frecuente entre los newtonianos a partir de la influyente obra química de Boerhaave *Institutiones et experimenta chemiae* (1724), traducida al inglés por P. Shaw en 1727 con el significativo título *A new method of chemistry*. Para Boerhaave, el fuego, responsable de toda actividad del universo, estaba constituido por partículas elementales que, cuando se desplazaban con movimiento rectilíneo, producían el fenómeno de la luz. Estas son las ideas que

expone Voltaire en estos párrafos. Sin duda, la tesis general era extraña al pensamiento de Newton, si bien los newtonianos la adoptaron (este fue el caso de s'Gravesande en sus *Mathematical elements of natural philosophy)* porque proporcionaba un soporte «verosímil» a la hipótesis sobre la materialidad de la luz, elemento esencial para la teoría de los proyectiles con que explicaban los fenómenos luminosos. Véase J. L. Heilbron, *Elements of early modern physics*, Berkeley y Los Angeles, 1982, pp. 59 ss.l

11. En su edición de los *Elementos*, Barber señala que Voltaire está citando las *Observations curieuses sur toutes les parties de la physique, extraites et recuilles des meilleurs mémoires*, editado por Nicolas Grozelier en París, 1730.

12. Josué, Cap. X, versículo 12.

13. San Pablo, I, *Cor.*, XV, 36; San Juan, XII, 24.

14. Las ediciones de 1738, 1741 y 1756, añadían un párrafo que no se incluyó en la edición de 1745 y, por tanto, tampoco en la de KEHL.

«Tomad un fragmento, un cubo de cristal por ejemplo; esto es lo que sucede con los rayos de sol que caen en este cuerpo sólido y transparente.

1º Una pequeña parte de los rayos rebota desde la primera superficie A a vuestros ojos, sin tocar incluso dicha superficie, como probaremos ampliamente.

2º Una pequeña parte de los rayos es recibida en la sustancia del cuerpo en B; se entretiene allí, se pierde y se extingue; esto hace que existan pocos cristales perfectamente transparentes, sobre todo cuando son espesos.

3º Una tercera parte alcanza el interior C del espejo y cerca de la superficie regresa al aire, y algunos rayos llegan a nuestros ojos.

4º Una parte pasa al aire.

5º Una quinta parte, que es la más considerable, sobrepasa hasta D la superficie exterior del cristal, vuelve a pasar y acaba reflejándose en vuestros ojos. Sólo examinaremos aquí estos últimos rayos que, escapando de la superficie posterior y habiendo encontrado el aire, se reflejan sobre dicho aire, hacia nuestros ojos, volviendo a entrar en el cristal. Ciertamente, no han encontrado en el aire partes sólidas en las que hayan rebotado; ahora bien, si en lugar de aire encuentran agua en la superficie B, entonces regresarán pocos; entran en dicha agua, la penetran masivamente. Ahora bien, el agua es alrededor de 800 ó 900 veces más pesada, más sólida, menos rara que el aire. Sin embargo, los rayos no se reflejan en el agua, se reflejan en el aire exterior al vidrio: luego no son las partes sólidas de los cuerpos las que reflejan la luz.

Veamos una observación más singular y decisiva. Exponed en una cámara oscura el cristal AB...»

15. Newton nunca expuso públicamente una teoría de la luz, si bien los *Principia* y la edición latina de la *Opticks* contenían sugerencias y especulaciones que los newtonianos elaboraron hasta construir una teoría sistemática sobre la base de dos principios fundamentales: 1º) que la luz es un cuerpo material, y 2º) que es susceptible de fuerzas de atracción y repulsión. En la sección 14, libro I de los *Principia*, Newton sugería una interpretación dinámica de los fenómenos de la luz, retomada también en el *Scholium*. En la parte III del libro II de la *Optica* mencionaba ya «some power» en los cuerpos que podía actuar sobre los corpúsculos luminosos. Sin embargo, aunque con suma prudencia, será en el *query* 21 donde más explícitamente hable de un fuerza que actuaría a cortas distancias y que sería responsable de la reflexión, refracción e inflexión de la luz. En este punto es donde radicaba la diferencia fundamental entre los atomistas clásicos y Newton, quien asoció a su corpuscularismo la noción de fuerza (Cf. Z. Bechler, «Newton's law of

forces which are inversely as the mass: a suggested interpretation of his later efforts to normalise a mechanic model of optical dispersion», *Centaurus, 18,* 184- 222, 1973). A diferencia de Newton, los newtonianos G. Cheyne (1705), F. Hauksbee (1709), J.T. Desaguliers (1717) y una larga lista de hombres (Clarke, Worster, Nieuwentijdt, Martin,...) que culminaría en R. Smith (*A complet system of Optichs,* 1738), adoptaron tales sugerencias como principios, logrando, hacia 1740, transformar la óptica en una rama de la dinámica de Newton de los puntos materiales. Pemberton, principal inspirador de Voltaire, no fue ajeno a este movimiento sino que, por el contrario, contribuyó decisivamente a estructurar y difundir el modelo de los proyectiles para la luz (nótese la reiterada analogía que establece Voltaire entre los corpúsculos luminosos y las balas de cañón). Pemberton asignó cuatro características fundamentales a esta fuerza entre los cuerpos y la luz: a) actuaba sólo a cortas distancias; b) no podía ser expresada por una ley matemática exacta; c) era una fuerza mucho mayor, a cortas distancias, que la gravitatoria; d) tal fuerza tenía un comportamiento extraño, pues unas veces era atractiva (refracción) y otras repulsiva (reflexión e inflexión). Y, en definitiva, estas serán las ideas en las que lentamente irá introduciendo Voltaire a sus lectores. Sobre estos puntos, además de la ya citada edición castellana de la *Optica,* por Carlos Solís puede consultarse G. Cantor, *Optics after Newton. Theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840,* Manchester, 1983, pp. 25 ss.

16. Este párrafo y el anterior no estaban en la edición de 1738. Voltaire está refiriéndose a Jean Barnières *(Examen et réfutation des Elements de la philosophie de Newton;* París, 1739) a quien ya replicó en el texto «Defensa del Newtonismo» introducido en esta edición.

17. En las ediciones de 1738 y 1741 se incluían dos capítulos (IV y V) que fueron suprimidos en la de 1745, así como en la de 1756 y sucesivas. Los epígrafes de sus contenidos eran: Capítulo IV. *De la propiedad que tiene la luz de quebrarse al pasar por una sustancia a otra, y de seguir un nuevo camino. Cómo se quiebra la luz; Capítulo V. De la conformación de nuestros ojos. Cómo entra y actúa la luz en este órgano. Descripción del ojo. Ojo présbita. Ojo miope.*

Se trata de dos capítulos breves y muy elementales, cuyas principales ideas fueron retomadas en otros capítulos posteriores.

18. Esta explicación muestra que observamos el objeto A A precisamente como observaríamos un objeto semejante ubicado en D D si no hubiera espejo. Lo ubicamos entonces en ese punto porque la impresión es la misma que si lo viésemos allí realmente . Este secreto juicio del alma, que nos lleva a concluir el lugar de los objetos por la impresión que causan a nuestros sentidos, ha sido formado tras la visión directa y, en consecuencia, debemos juzgar contando siempre con ella (KEHL).

19. M. el abate *Rochon* ha probado rigurosamente por la experiencia que, de acuerdo con la ingeniosa conjetura de M. *D'Alembert,* observamos los objetos en la dirección de la perpendicular trazada desde el objeto al fondo del ojo; de donde resulta que debemos situar arriba el objeto cuya imagen se ubica abajo del ojo, y debajo el objeto cuya imagen está en lo alto del ojo. El juicio del alma no es pues necesario para enderazar las imágenes de los objetos, aunque, en general, pueda serlo para aprender a situarlos en un lugar del espacio (KEHL).

20. En 1771 publicó Voltaire, en la cuarta parte de sus *Questions sur l'Encyclopédie, el artículo DISTANCE que era un extracto casi textual de este capítulo (MOLAND).*

21. Si examináis un objeto con un instrumento que forma dos imágenes más o menos iguales, y si las colocáis en una misma línea horizontal, veréis ambas igualmente alejadas; si las colocáis en una misma línea vertical, el objeto superior

parecerá más alejado que el otro, tal y como dos objetos situados sobre un plano inclinado, uno abajo más cerca de nosotros, el otro arriba y más lejos. Ubicamos por tanto esas dos imágenes en el espacio, como se situarían en él dos objetos reales que causaran la misma impresión en nuestros ojos. Esta ingeniosa observación es debida a M. el abate *Rochon* (KEHL).

22. Es muy verosímil que un ser reducido al sentido de la vista llegaría inicialmente a ver los objetos situados en un mismo plano, pero con la extensión y los contornos que tienen sobre ese plano, puesto que éste es el único medio de ordenar entre sí las sucesivas sensaciones que experimenta: el cuadro no le parecería distinto al primer instante, pero aprendería por la costumbre a distinguir los objetos y a ubicarlos. Por la misma razón, desde el momento en que tuviera una idea del espacio y del movimiento referidos al plano, al ordenar las sensaciones sucesivas, al ver que el mismo objeto se vuelve más visible, que ocupa más espacio sobre el plano, y que tapa sucesivamente otros objetos, o bien que ocupa menos espacio, produce una impresión menos fuerte, y descubre poco a poco nuevos objetos, ¿por qué no podrá formarse una idea completa del espacio, y ordenar así todos los objetos que afectan su mirada? Sin duda, sus ideas de extensión, de distancia, no serían rigurosamente las mismas que las nuestras, ya que el sentido del tacto no habría contribuido a formarlas: sin duda, sus juicios sobre el lugar, la forma, la distancia, serían frecuentemente más erróneos que los nuestros, porque no habría podido rectificarlos por el tacto. Pero es muy probable que a ello se redujese toda la diferencia entre él y nosotros (KEHL).

23. La obra mencionada de R. Smith es *A complet system of opticks* (2 vols., Cambridge, 1938). Fue una obra de gran éxito durante la mayor parte del siglo XVIII y estaba dividida en cuatro libros: Tratados popular (I), matemático (II), mecánico (III) e histórico (IV) de la óptica, lo que permitía lecturas muy distintas del libro. El fragmento citado por Voltaire está en I, pp. 64 ss.

24. La solución de *Smith* es totalmente equivalente a la del padre *Malebranche* ya que, en las dos opiniones, sólo vemos los astros más grandes en el horizonte porque los juzgamos más alejados. Los dos filósofos sólo difieren en la manera de explicar por qué juzgamos más alejados los astros situados en el horizonte, mas ambos se acercan mucho más. *Malebranche* parece considerar como causa inmediata de esa apreciación los objetos interpuestos en el plano del horizonte. De acuerdo con *Smith,* tales objetos interpuestos nos han acostumbrado a juzgar la bóveda del cielo como si estuviese rebajada, y esta apariencia es la causa inmediata del juicio que nos formamos sobre el tamaño de los astros (KEHL).

25. Se trata de la difracción, cuyas leyes descubrió Fresnel.

26. Hasta ahora no se ha podido descubrir nada sobre las leyes de atracción a distancias muy pequeñas. Es mediante el examen de los fenómenos de cristalización como algún día se podrán encontrar tales leyes; pero hasta ahora esos fenómenos ni siquiera han sido suficientemente observados para que se pueda conocer la forma en que se ejecuta esta operación. M. el abate *Haui* acaba de ofrecer varias memorias sobre la formación de los cristales, que han arrojado mucha luz sobre esta importante materia. Sin embargo, aún se está muy lejos de saber lo suficiente como para aplicarle el cálculo y conocer las leyes de la fuerza atractiva que preside la cristalización (KEHL).

27. La demostración de que la luz estaba compuesta de rayos de diferente refrangibilidad, fue denominada por Newton *experimentum crucis,* queriendo marcar una diferencia cualitativa con lo que, para otras pruebas experimentales, llamaba *factual discovery.* Sobre los experimentos de Mariotte (*De la nature des coleurs,* París,

1681) y su influencia en el retraso de la introducción de la óptica newtoniana en Francia, ver H. Guerlac, *Newton on the continent*, op. cit., pp. 98 ss.

28. Un haz luminoso, por pequeño que sea, está compuesto de una infinidad de rayos de diferente refrangibilidad. Si así no fuera, al emplear un prisma cuyo ángulo fuera mayor, se tendrían siete círculos separados, no una imagen continua cuyos lados son claramente líneas rectas.

Es cierto que el espectro continuo parece ofrecer solamente siete colores distintos; el paso de un color a otro sólo está matizado en un espacio muy pequeño, mientras que el color parece puro sobre una extensión mayor del espectro. Se podría suponer, pues, que la sensación del color depende de una propiedad de los rayos distinta a su grado de refrangibilidad. Parece que *Newton* creyó realmente que sólo había siete rayos; a veces parece razonar conforme a esta suposición; sus primeros discípulos así lo interpretaron; sin embargo, como había detectado en esta opinión dificultades insuperables, nunca se explicó en esta materia de manera precisa.

Algunos autores sólo han admitido cuatro colores; suprimían los tres colores intermedios, púrpura, verde y anaranjado, que suponían producidos por la mezcla de los dos colores vecinos; se confirmaban en sus opiniones por experiencias en las que realmente sólo se ven cuatro colores; pero esta opinión está poco fundada; ciertamente el azul y el amarillo dan el verde; pero, si observáis en un cartón y a través del prisma el verde formado por la unión de los rayos amarillos y azules, los dos colores se separan; ahora bien, si observáis sobre el mismo cartón, a través de un prisma, la imagen iluminada por los rayos verdes de otro prisma, la imagen se diluirá, aunque permanecerá verde.

El prisma da cuatro colores sólo cuando la luz es débil o muy poco extendida por el prisma; y si fuera aún más débil, si la imagen estuviera menos extendida, no se vería sino un espectro de un blanco sucio o rojizo. Así es como aparece la luz de una estrella, vista a través de un prisma. Si ajustáis el prisma a un anteojo de gran aumento, entonces el espectro de la estrella os mostrará hasta cuatro colores distintos: rojo, amarillo, azul y violeta; con un anteojo más débil, el amarillo y el blanco desaparecen, y en su lugar se observa el verde. Al abate *Rochon* se deben estas experiencias sobre la luz de las estrellas, que prueban que dicha luz es de la misma naturaleza que la del sol y que la de los cuerpos terrestres en brasas.

No solamente la refracción es diferente en los distintos medios, sino que la diferencia de refrangibilidad de los diferentes rayos en dichos medios no es nunca proporcional a la refracción. De ahí resulta que combinando diferentes medios, se puedan formar prismas donde los rayos se refracten sin separarse, y destruir los colores en los anteojos empleando lentes compuestas por varios vidrios de diferente naturaleza. Esta idea, debida a M. *Euler*, ha producido las lentes acromáticas que varios artistas hábiles han llevado a un grado muy grande de perfección. Aplicando las lentes a los prismas, M. el abate *Rochon* ha encontrado la manera de medir con gran precisión la relación entre la fuerza refractiva de distintos medios y su fuerza dispersiva, dato indispensable para la teoría de las lentes y para su construcción.

Hay sustancias con doble refracción, de manera que los objetos observados a través de un prisma compuesto por tales sustancias, parecen dobles. Por ejemplo, el cristal de roca, el cristal de Islandia; y, probablemente, dichas sustancias poseen tal propiedad porque están compuestas de láminas heterogéneas colocadas unas sobre otras; al menos, el mismo fenómeno se produce cuando colocamos vidrios artificiales de esa manera. La doble refracción ha sido empleada con mucho éxito por M. el abate *Rochon* para la medida de ángulos pequeños. El instrumento que ha inventado es muy ingenioso y da medidas de la mayor precisión. También puede

servir para medir distancias sin tener necesidad de emplear bases muy extensas (KEHL).

29. *Antonio de Dominis* fue una de las víctimas más ilustres de la inquisición romana. Renunció a su arzobispación y se retiró hacia 1603 a Inglaterra, donde publicó la historia del concilio de Trento de *Fra Paolo*, su amigo. Se ocupó del proyecto de reconciliar las comunidades cristianas, proyecto también de un gran número de espíritus sabios y amigos de la paz, en un siglo que desconocía los principios de la tolerancia. En 1612 se encontró la forma de animarlo a retornar a Italia, prometiéndosele que bastaría con que se retractara de algunas proposiciones, digamos heréticas, que le acusaban de haber defendido. Pero poco tiempo después de la retractación se le imputaron otros crímenes. Fue recluído en el castillo de Santángel, donde murió en 1625 a la edad de 64 años. Los inquisidores cometieron la barbarie de desenterrar y quemar su cadáver. Además de su obra óptica había hecho un libro intitulado *de Republica christiana*, que fue quemado con él. Este libro fue condenado por la Sorbona porque contenía los principios de la tolerancia y máximas favorables a la independencia de los príncipes seglares. *Fra Paolo*, más prudente que el arzobispo de Spalatro, permaneció toda su vida en Venecia, en donde, al menos, sólo tenía que temer a los asesinos. Poco tiempo después, el ilustre *Galileo*, el honor de Italia, fue forzado a pedir perdón por haber descubierto nuevas pruebas del movimiento de la Tierra, y arrastrado a prisión con más de setenta años por orden de los mismos inquisidores.

No nos sorprendemos entonces si no se encuentra un solo romano entre los hombres ilustres de todo género, que en estos últimos siglos honrase a Italia (KEHL).

30. En la edición de 1745 fue suprimido un largo párrafo que podía leerse en las de 1738, 1741 y 1756.

«nos queda aún que examinar dos propiedades de la luz, no menos sorprendentes y no menos nuevas. La primera de estas propiedades es el poder mismo que actúa cerca de las superficies: es una acción mutua de la luz sobre los cuerpos, y de los cuerpos sobre la luz.

La segunda es una relación que se encuentra entre los colores y los tonos de la música, entre los objetos de la vista y los del oído. Aunque sólo hablaremos aquí de la acción recíproca de los cuerpos sobre la luz, pues se atiene al gran principio de la naturaleza por el cual todos los cuerpos actúan unos sobre otros.

Respecto a la analogía entre los siete colores primarios y los siete tonos de la música, se trata de un descubrimiento en el que aún no se ha profundizado suficiente, no pudiendo llevarnos a nada todavía. Se acabará pues este pequeño tratado de óptica con el examen de la acción mutua de los cuerpos y de la luz.

Habéis visto que los dos cristales que se tocaban en un punto, producían anillos de colores diferentes, rojos, azules, verdes, blancos, etc. Haced esta misma prueba en una cámara oscura, donde halláis hecho la experiencia del prisma expuesto a la luz que le llega por un orificio.

Recordaréis que, en dicha experiencia del prisma, visteis la descomposición de la luz y la anatomía de sus rayos; pusisteis una hoja de papel blanco frente al prisma; el papel recibía los siete colores primitivos, cada uno en su sitio. Ahora exponed vuestros dos cristales al rayo coloreado que queráis reflejado en el papel: siempre veréis formarse entre los dos cristales anillos coloreados, pero dichos anillos son ahora del color de los rayos que os llegan del papel. Exponed vuestros cristales a la luz de los rayos rojos, tendréis entre vuestros cristales sólo anillos rojos (figuras 2.29 y 2.30); mas lo que debe sorprender es que entre cada uno de los anillos rojos, hay un anillo completamente negro. Para confirmar todavía más este hecho y las

singularidades que le están asociadas, presentad vuestros dos cristales, no ya al papel sino al prisma, de forma que alguno de los rayos salientes del prisma, por ejemplo uno rojo, llegue a incidir sobre los cristales: tampoco se forman más que anillos rojos entre los anillos negros; poned detrás de vuestros cristales la hoja del papel blanco: cada anillo negro produce en dicha hoja un anillo rojo, y cada anillo rojo, al ser reflejado hacia vos, produce negro en el papel.

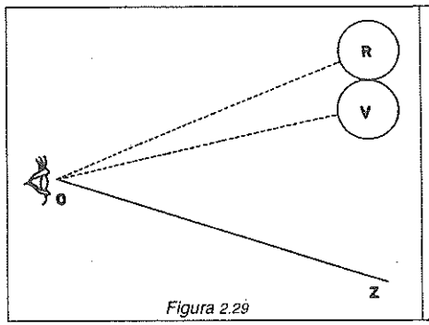

Figura 2.29

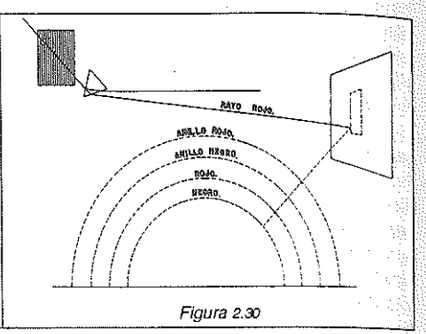

Figura 2.30

De esta experiencia resulta que el aire o el agua que hay entre los cristales reflejó la luz en un lugar y, en otro, la dejó pasar, la transmite. Reconozco que no puedo admirar bastante aquí esta profundidad de investigación, esta sagacidad sobrehumana con la que Newton ha perseguido verdades tan imperceptibles y ha recorrido mediante las medidas y el cálculo estas extrañas proporciones.

En el punto de contacto de los dos cristales, no se refleja hacia nuestros ojos ninguna luz; inmediatamente después de dicho contacto, la primera pequeña lámina de aire o agua que toca tal punto negro, refleja rayos; la segunda lámina es dos veces más espesa que la primera, y no refleja nada; la tercera lámina es triple en espesor a la primera, y refleja; la cuarta lámina es cuatro veces más espesa, y no refleja nada; la quinta es cinco veces más espesa, y refleja; y la sexta, seis veces más espesa, transmite, y no refleja. De modo que los anillos negros siguen esta proporción, 0,2,4,6,8; y los anillos luminosos y coloreados en esta progresión, 1,3,5,7,9.

Lo que ocurre en esta experiencia sucede igual en todos los cuerpos: todos reflejan una parte de luz y reciben en su sustancia otra parte. Es también una propiedad...»

31. La edición de KEHL suprimía un largo párrafo tras este punto, que sí se introdujo en las de 1738, 1741 y 1756.

«Dicho poder, que actúa entre las superficies, actúa de una superficie a otra; es precisamente en la última superficie más posterior de los cuerpos transparentes donde se reflejan los rayos: ya lo hemos probado. Es, por ejemplo, en los puntos B B B (figura 2.31), antes que en el punto A, donde la luz es reflejada.

Luego es necesario admitir un poder que actúa sobre los rayos de luz por encima de una de las superficies hasta la otra, un poder que transmite y que refleja alternativamente los rayos. Este juego de la luz y de los cuerpos no era ni siquiera sospechado antes de Newton; él contó varios millones de tales vibraciones

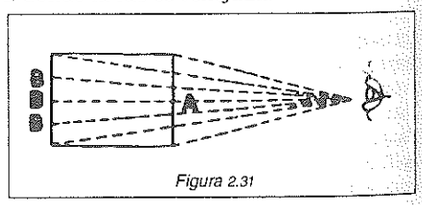

Figura 2.31

alternativas, de tales haces transmitidos y reflejados. Esta acción de los cuerpos sobre la luz, y de la luz sobre los cuerpos, contiene aún muchas incertidumbres en la forma de explicarla.

Quien descubrió el misterio no pudo, en el curso de su larga vida, hacer suficientes experiencias para asignar a estos efectos la causa cierta. Pero, ¿aunque por sus descubrimientos no nos hubiese enseñado más que nuevas propiedades de la materia, no sería ya esto un servicio suficiente a la filosofía? *El ha conjeturado que la luz emana del sol y de los cuerpos luminosos de vez en cuando, por vibraciones, que de estas vibraciones de los cuerpos luminosos, la primera produce una reflexión, la segunda una transmisión, y así sucesivamente hasta el infinito. También había preparado experiencias que conducían a mostrar cómo este juego de la naturaleza se atiene al gran principio de la atracción; pero no tuvo tiempo de realizar sus experiencias. Conjeturó además que en la naturaleza hay una materia muy elástica y muy rara, que se hace tanto menos rara cuanto más alejada está de los cuerpos opacos; que los trazos de luz excitan vibraciones en dicha materia elástica; y es preciso reconocer que esta hipótesis daría cuenta de casi todos los misterios de la luz, y sobre todo de la atracción y de la gravitación de los cuerpos; pero una hipótesis, incluso cuando diera cuenta de todo, no debe ser admitida. No basta que un sistema sea posible para que merezca ser creído, es preciso que sea probado. Si los torbellinos de Descartes pudiesen mantenerse contra todas las dificultades que los aplastan, aún sería necesario rechazarlos, pues sólo serían posibles; así, no hay ningún fundamento real en las conjeturas del mismo Newton.*

Si hablo de ellas, es sobre todo para dar a conocer la historia de sus pensamientos, más que para extraer la menor inducción de sus ideas, que yo considero como los sueños de un gran hombre. De ningún modo él se detuvo en ellas, se contentó con los hechos, sin atreverse nunca a determinar sus causas. Pasemos al otro descubrimiento sobre la relación que existe entre los rayos de luz y los tonos de la música.

El texto en cursiva sólo figuró en la primera edición de 1738. Las ediciones de 1738 y 1741 terminaban aquí el capítulo XIII incluyendo otro capítulo XIV que Voltaire suprimió a partir de la edición de 1741.

32. La frase subrayada no figuró en las ediciones de 1738, 1741 y 1756.

33. La edición de 1745 no contiene un párrafo incluido en las de 1738, 1741 y 1756 y siguientes.

«Entre tantas propiedades de la materia, tales como las de ocasional transmisión y reflexión de los trazos de luz, la de la repulsión que experimenta la luz en el vacío, en los poros de los cuerpos y sobre la superficie de los cuerpos; entre estas propiedades, digo, se requiere prestar atención sobre todo al poder por el que los rayos son reflejados y rotos, a la fuerza con la que los cuerpos actúan sobre la luz, y la luz sobre ellos, sin siquiera tocarlos.» Aquí se refiere Voltaire a la célebre teoría de Newton, según la cual las moléculas luminosas que constituyen la luz, dotadas de figuras diferentes, adquirían un movimiento de rotación sobre ellas mismas, distinto al de traslación. Dependiendo de la extremidad que presenten en el momento de la incidencia, habría mayor facilidad de transmisión o reflexión.

34. Esta interesante observación de Voltaire, donde claramente se aprecia la influencia de Boerhaave, le distancia sensiblemente del entusiasmo casi dogmático por el modelo de los proyectiles que compartían los newtonianos. Sin embargo, le aproxima a la cautela con que Newton sugirió la naturaleza material de la luz, cuyos fenómenos describió utilizando prudentemente la fórmula ecléctica de *ray of light*.

TERCERA PARTE

CAPITULO I

PRIMERAS IDEAS RELATIVAS A LA GRAVEDAD Y A LAS LEYES DE LA ATRACCION: QUE LA MATERIA SUTIL, LOS TORBELLINOS Y EL PLENO DEBEN SER RECHAZADOS

Atracción. Experiencia que demuestra el vacío y los efectos de la gravitación. La gravedad actúa en razón de las masas. De dónde proviene el poder de la gravedad. No puede provenir de una pretendida materia sutil. Por qué pesa un cuerpo más que otro. El sistema de Descartes no puede explicarlo.

Un lector sensato que haya observado atentamente las maravillas de la luz, convencido por la experiencia de que ninguna impulsión conocida las produce, estará sin duda impaciente por contemplar esta nueva potencia, a la que ya nos hemos referido con el nombre de *atracción*, que actúa sobre todos los demás cuerpos más apreciablemente y de distinta forma a como los cuerpos actúan sobre la luz. Una vez más: que no nos asusten los nombres, examinemos simplemente los hechos.

Siempre utilizaré indistintamente los términos *atracción* y *gravitación* al hablar de los cuerpos, sea que tiendan sensiblemente unos hacia otros, sea que giren en órbitas inmensas alrededor de un centro común, sea que caigan a tierra, sea que se unan para componer cuerpos sólidos, sea que se agrupen en gotas para formar líquidos. Entremos en materia.

Todos los cuerpos conocidos pesan, y hace mucho tiempo que la levedad absoluta fue reconocida entre los errores de *Aristóteles* y sus sectarios.

Desde que fue inventada la famosa máquina neumática estamos en mejor disposición para conocer el peso de los cuerpos; porque, cuando caen en el aire, las partes del aire retrasan sensiblemente la caída de los

que tienen mucha superficie y poca masa; pero en esta máquina sin aire, los cuerpos, abandonados de cualquier forma a la fuerza que los precipita sin obstáculos, caen sólo debido a su peso.

La máquina neumática, inventada por *Otto Guerik*, fue pronto perfeccionada por *Boyle*; luego se hicieron recipientes de vidrio mucho más largos, que fueron enteramente purgados de aire. En uno de esos recipientes largos compuesto de cuatro tubos, con cuatro pies de alto en total, se suspendieron de lo alto mediante un resorte piezas de oro, pedazos de papel, plumas; se trataba de saber qué pasaría cuando se soltara el resorte. Los buenos filósofos suponían que todo caería al mismo tiempo: la mayor parte aseguraban que los cuerpos más macizos caerían mucho más rápido que los demás: esa gran parte, que siempre se equivoca, se sorprendió mucho cuando, en todas las experiencias, vio caer con la misma velocidad y llegar simultáneamente al fondo del recipiente el oro, el plomo, el papel y la pluma.

Quienes aún sostenían el *pleno* de *Descartes* y los pretendidos efectos de la materia sutil, no podían dar ninguna buena razón del hecho; porque los hechos eran su escollo. Si todo está pleno (aún cuando se les concediera que pudiese entonces existir el movimiento, lo que es absolutamente imposible), al menos la supuesta materia sutil llenaría completamente todo el recipiente y habría tanta cantidad como la de agua o mercurio que allí se hubiera metido; como mínimo se opondría a un descenso tan rápido de los cuerpos, ejercería una resistencia al pedazo de papel según su superficie y permitiría que la bola de oro o de plomo cayesen mucho más rápido. Sin embargo, tales caídas son simultáneas; luego, no hay nada en el recipiente que resista; así, la llamada materia sutil no puede tener ningún efecto apreciable en el recipiente, sino que hay otra fuerza que produce la gravedad. En vano se argumentaría la posibilidad de que quede una materia sutil en el recipiente, debido a que la luz lo penetra; hay una clara diferencia. La luz que se encuentra en el vaso de vidrio, no ocupa ciertamente ni la cien milésima parte; pero, de acuerdo con los cartesianos, se requiere que su materia imaginaria llene el recipiente más densamente que si contuviese oro; porque hay mucho vacío en el oro, y ellos no admiten ninguno en su materia sutil.

Ahora bien, según esta experiencia, el pedazo de oro, cien mil veces más pesado que el trozo de papel, descendió tan rápido como el papel; luego la fuerza que lo hizo descender actuó cien mil veces más sobre aquél que

sobre el papel, al igual que se requeriría cien veces más fuerza de mi brazo para mover cien libras que para desplazar una libra; así, la potencia que tiene la gravitación actúa en razón directa a la masa de los cuerpos. En efecto, hasta tal punto actúa en relación con la masa de los cuerpos, y no según las superficies, que un pedazo de oro reducido a polvo desciende en la máquina neumática tan rápido como lo haría la misma cantidad de oro puesta en panes. La figura de los cuerpos no altera en nada su gravedad; la potencia de gravitación actúa, pues, sobre la naturaleza interna de los cuerpos, y no en razón a las superficies.

Hasta ahora sólo se ha respondido a verdades tan apremiantes con una suposición tan quimérica como los torbellinos. Se supone que la presunta materia sutil que llena todo el recipiente no pesa nada. Extraña idea que se nos convierte en absurda, porque en nuestro caso no tratamos de una materia que no pesa, sino de una materia que no resiste. Toda materia resiste por la fuerza de inercia; luego, si el recipiente estuviera lleno, cualquier materia que lo llenase resistiría infinitamente: esto parece estar demostrado con rigor.[1]

Ese poder no reside en la pretendida materia sutil sobre la que hablaremos en el capítulo siguiente. Tal materia sería un fluido; todo fluido actúa sobre los sólidos en razón a su superficie; así, el barco que presenta menos superficie en su proa, surca el mar con resistencia en sus flancos. Ahora bien, cuando la superficie de un cuerpo es el cuadrado de su diámetro, su solidez es como el cubo de dicho diámetro: el mismo poder no puede actuar a la vez en razón del cubo y del cuadrado; entonces la gravedad, la gravitación, no es el efecto de tal fluido. Por lo demás, es imposible que la pretendida materia sutil tenga, de un lado, tanta fuerza como para precipitar un cuerpo de cincuenta y cuatro mil pies de altura en un minuto (ya que tal es la caída de los cuerpos) y, por otro lado, sea tan impotente que no pueda impedir al más ligero péndulo de madera subir de vibración en vibración en la máquina neumática, cuyo contenido se supone completamente lleno con la materia imaginaria. No temo afirmar entonces que si se descubriera alguna vez una impulsión que causase la gravedad de los cuerpos hacia un centro, en una palabra, la causa de la gravitación, de la atracción universal, tal impulsión sería de una naturaleza completamente diferente a la que conocemos.

Estamos, pues, ante una primera verdad, ya antes indicada, y ahora probada: existe un poder que hace gravitar todos los cuerpos en razón

directa a su masa.

Si lo que ahora verdaderamente se busca es explicar por qué un cuerpo es más pesado que otro, se encontrará fácilmente la única razón; se responderá que el cuerpo debe tener más masa, más materia en una misma extensión; así, el oro pesa más que la madera porque hay en él mucha más materia y menos vacío que en la madera.

Descartes y sus sectarios (si todavía quedase alguno) sostienen que un cuerpo es más pesado que otro sin tener más materia; no contentos con esta idea, la respaldan con otra igualmente poco válida: admiten un gran torbellino de materia sutil alrededor de nuestro globo; y es ese gran torbellino, dicen ellos, el que, al circular, empuja todos los cuerpos hacia el centro de la tierra, y los hace experimentar lo que llamamos *gravedad.* Es verdad que no han dado ninguna prueba de tal aserto: no hay la menor experiencia, la menor analogía en las cosas que conocemos un poco, que pueda fundamentar la más ligera presunción en favor del torbellino de materia sutil: así, ese sistema debe ser rechazado por el mero hecho de ser una pura hipótesis. Sin embargo, tan sólo por ello logró crédito. El torbellino era imaginado sin dificultad; se daba una explicación vaga de las cosas pronunciando la expresión materia sutil; y cuando los filósofos notaban las contradicciones y las absurdidades que plagaban este cuento filosófico, pensaban en corregirlo antes que en abandonarlo.

Huygens, y tantos otros, le han hecho mil correcciones, cuya insuficiencia reconocían ellos mismos. Pero, *¿qué colocamos en lugar de los torbellinos y de la materia sutil?* Un razonamiento tan vulgar es lo que más aferra a los hombres en el error y en los malos partidos. Es necesario abandonar aquello que se ve falso e insostenible, tanto si no se dispone de nada con qué sustituirlo, como cuando se tengan las demostraciones de *Euclides* para colocar en su lugar. Un error no deja de ser ni más ni menos error por más que se lo reemplace o no por verdades; ¿debería admitir el horror al vacío en una bomba porque no conozco todavía el mecanismo por el cual el agua sube en la bomba?

Comencemos, pues, antes de ir más lejos, por demostrar que los torbellinos de materia sutil no existen; que el *pleno* no es menos quimérico; que, por tanto, todo este sistema fundado en imaginaciones, no es más que un inverosímil cuento ingenioso. Veamos qué son los imaginarios torbellinos, y examinemos después si el *pleno* es posible.

CAPITULO II

QUE LOS TORBELLINOS DE DESCARTES Y EL PLENO SON IMPOSIBLES, Y QUE POR CONSIGUIENTE ES OTRA LA CAUSA DE LA GRAVEDAD[2]

Pruebas de la imposibilidad de los torbellinos. Pruebas contra el pleno.

Descartes supone un cúmulo inmenso de pequeñísimas partículas arrastradas por la Tierra con un movimiento rápido de Occidente a Oriente, y que se mueve de un polo a otro paralelamente al Ecuador; el torbellino que se extiende más allá de la luna, y que arrastra la luna en su curso, está a su vez encajado en otro torbellino más vasto todavía, el cual rozaría a otro torbellino sin confundirse con él, etc.

I. Si así fuera, el torbellino que se supone en movimiento alrededor de la Tierra de Occidente a Oriente, debería empujar los cuerpos en la Tierra de Occidente a Oriente: no obstante todos los cuerpos al caer describen una línea que, si la prolongásemos, pasaría aproximadamente por el centro de la Tierra; luego dicho torbellino no existe.

II. Si los círculos del supuesto torbellino se movieran y actuaran paralelamente al ecuador, todos los cuerpos deberían caer perpendicularmente al círculo de la materia sutil del que dependen.[3] Según *Descartes*, un cuerpo A, cerca del polo, debería caer en R; sin embargo, cae más o menos según la línea A B (*figura* 3.1), lo que da una diferencia de casi mil cuatrocientas leguas de Francia desde el punto R al ecuador de la Tierra B; luego tal torbellino no existe.

III. Si, para sustentar el cuento de los torbellinos, se quiere todavía suponer que un torbellino de fluido no gira sobre su eje, si se imagina que puede girar en círculos que tendrían por centro el centro mismo del

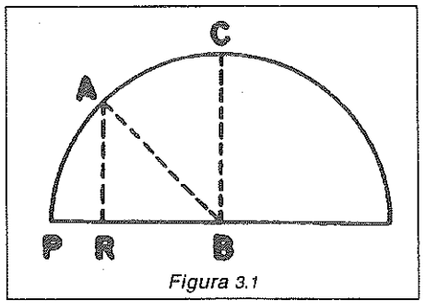

Figura 3.1

torbellino, basta hacer la experiencia de una gota de aceite, o de una gran burbuja de aire encerrada en una esfera de cristal llena de agua; haced girar la esfera sobre su eje, veréis al aceite o al aire formar un cilindro en medio de la esfera, y formar un eje de un polo al otro; por tanto toda experiencia, como todo razonamiento, arruina los torbellinos.

IV. Si el torbellino de materia alrededor de la tierra, y los otros supuestos torbellinos en torno a *Júpiter* y *Saturno*, etc., existiesen, todos estos torbellinos inmensos de materia sutil, girando tan rápidamente en direcciones diferentes, jamás permitirían que llegase a nosotros en línea recta el rayo luminoso emitido por una estrella. Se ha demostrado que los rayos llegan en muy poco tiempo teniendo en cuenta el inmenso camino que recorren, luego los torbellinos no existen.

V. Si los torbellinos arrastraran los planetas de Occidente a Oriente, los cometas que atraviesan el espacio en todos los sentidos de Oriente a Occidente y de Norte a Sur, jamás podrían atraversarlos; y aunque ningún cometa fuese de Norte a Sur, ni de Oriente a Occidente, nada se ganaría con esta suposición, pues se sabe que cuando un cometa se encuentra en la región de *Marte*, de *Júpiter*, de *Saturno*, va incomparablemente más rápido que *Marte*, que *Júpiter*, que *Saturno*; así pues, no podría ser arrastrado por la misma franja de fluido, que se supone arrastra los planetas; luego, los torbellinos no existen.

VI. Si tales fluidos existiesen, bastaría poco tiempo para destruir cualquier movimiento de los astros. *Newton* demostró que todo cuerpo que se mueve uniformemente en un fluido de la misma densidad, pierde la mitad de su movimiento después de haber recorrido tres veces su diámetro. Esto es incuestionable.[4]

VII. Aun suponiendo, lo cual es imposible, que los planetas pudiesen ser movidos en estos torbellinos imaginarios, sólo podrían moverse circularmente, pues los torbellinos tendrían la misma densidad a iguales distancias del centro; sin embargo los planetas se mueven en elipses; luego no pueden ser transportados por torbellinos; luego, etc.

VIII. La Tierra recorre su órbita entre las de *Venus* y *Marte*; todas estas órbitas son elípticas y tienen al sol por centro; ahora bien, cuando *Marte* y *Venus* y la *Tierra* están más cerca unos de otros, entonces la materia del supuesto torrente que arrastra la Tierra estaría más comprimida: dicha materia sutil debería acelerar su curso como un río al estrecharse sus bordes o al pasar por los arcos de un puente; así, el fluido debería arrastrar la Tierra con una rapidez mucho más grande que en cualquier otra posición; mas, por el contrario, es precisamente durante ese tiempo cuando más se aminora el movimiento de la Tierra.

IX. Entre las demostraciones más rebuscadas que destruyen los torbellinos escogeremos la siguiente. Según una de las grandes leyes de *Kepler*, todo planeta describe áreas iguales en tiempos iguales; por otra ley no menos segura, cada planeta hace su revolución alrededor del sol en forma tal que, si, por ejemplo, su distancia media al sol es diez, calculáis el cubo de ese número, lo que os da mil, y el tiempo de la revolución del planeta alrededor del sol será proporcional a la raíz cuadrada de ese número mil. Ahora bien, si hubiera capas de materia que transportasen los planetas, tales capas no podrían cumplir estas leyes, pues se requeriría que las velocidades de los torrentes fuesen a la vez recíprocamente proporcionales a sus distancias al sol, y a las raíces cuadradas de dichas distancias, lo cual es incompatible.

X. Para colmo, es fácil imaginar lo que ocurriría a dos fluidos que circularan uno dentro del otro: necesariamente se confundirían, y producirían el caos en lugar de desembrollarse. Solamente esto habría producido tal ridículo al sistema cartesiano que lo hubiese aplastado si el gusto por la novedad, y el poco hábito de examen que entonces se tenía, no hubieran prevalecido.

Hay que demostrar ahora que el *pleno*, donde supuestamente se mueven los torbellinos, es tan imposible como los torbellinos.

1. Un solo rayo de luz que, cuanto más, pesa la cien milésima parte de un grano o, mejor aún, que no pesa nada en absoluto, podría desajustar todo el universo si pudiera abrirse un camino hasta nosotros atravesando un espacio inmenso, en el que cada punto resistiese por sí mismo y a lo largo de toda la línea en la que estuviera presionado.

2. Sean los dos cuerpos duros A B; se tocan en su superficie y se supone que están rodeados por un fluido que los presiona por todas partes: ahora bien, cuando se los separa, está claro que la supuesta materia sutil llega

más rápido al punto de separación A que al punto B (*figura* 3.2). Hay entonces un momento de vacío en B; así pues, incluso en el sistema de la materia sutil, existe el vacío, es decir, el espacio.

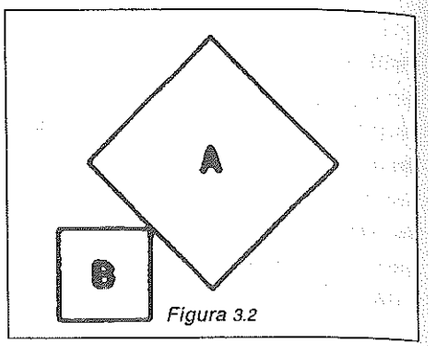

Figura 3.2

3. Si no existieran el vacío y el espacio, no habría movimiento ni siquiera en el sistema de *Descartes*. El supuso que DIOS creó el universo pleno y formado de pequeños cubos; sea pues un número dado de cubos que representa al universo, sin que entre ellos exista el menor intervalo; resulta evidente la necesidad de que uno de ellos salga del lugar que ocupaba, porque si todos permanecen en su lugar no hay movimiento, y el movimiento consiste en salir de su lugar, en pasar de un punto del espacio a otro. Ahora bien, ¿quién no entiende entonces que un cubo cualquiera no puede abandonar su posición sin dejarla vacía durante el instante en que sale? Porque está claro que al girar el cubo sobre sí mismo, su arista forma ángulo con el cubo que lo toca antes de que tal ángulo se cierre; luego existe un espacio entre los dos cubos; entonces, en el mismo sistema de *Descartes*, no puede existir movimiento sin vacío. El *pleno* es pues una quimera; por tanto existe el vacío;[6] luego nada puede hacerse en la naturaleza sin vacío; así, el peso no es el efecto de un supuesto torbellino imaginado en el pleno.[5]

Acabamos de darnos cuenta, por la experiencia en la máquina neumática, que es necesaria una fuerza que haga descender los cuerpos hacia el centro de la tierra, es decir, que les dé su gravedad, y que tal fuerza actúa según la masa de los cuerpos. Tenemos que observar ahora cuáles son los efectos de esta fuerza; porque, si descubrimos sus efectos, será evidente que existe. No vamos, pues, en principio a imaginar causas y construir hipótesis; éste es el modo seguro de extraviarse: sigamos paso a paso lo que realmente ocurre en la naturaleza; somos viajeros que llegan a la desembocadura de un río: hay que remontarlo antes de imaginar dónde está su nacimiento.

CAPITULO III

GRAVITACION DEMOSTRADA POR EL DESCUBRIMIENTO DE NEWTON. HISTORIA DE ESTE DESCUBRIMIENTO. QUE LA LUNA RECORRE SU ORBITA POR LA FUERZA DE ESTA GRAVITACION

Historia del descubrimiento de la gravitación. Procedimiento de Newton. *Teoría derivada de dichos descubrimientos. La misma causa que hace caer los cuerpos a la Tierra dirige la Luna alrededor de la Tierra.*

Todo cuerpo desciende[7] alrededor de quince pies en el primer segundo, cualquiera que sea el lugar de la tierra donde esté ubicado. Observamos que la caída de los cuerpos se acelera al descender sobre nuestro globo; al caer es evidente que todos tienden a aproximarse al centro del globo, ¿no existe alguna potencia que los atraiga hacia ese centro? Y tal potencia, ¿no aumenta su fuerza a medida que el centro está más próximo? Ya *Copérnico* vislumbró fugazmente esta idea; *Kepler* la abrazó, mas sin método. El canciller *Bacon* dijo formalmente que era probable la existencia de una atracción de los cuerpos hacia el centro de la Tierra y del centro a los cuerpos. Proponía en su excelente libro *Novum scientiarum organum* que se hicieran experiencias con el péndulo en las más altas torres y en las mayores profundidades, ya que, afirmaba, si los mismos péndulos vibran más rápido en el fondo de un pozo que sobre una torre, hay que concluir que la gravedad, principio de tales vibraciones, sería mucho más fuerte en el centro de la tierra, de donde el pozo está más próximo. También trató de hacer descender móviles desde alturas diferentes, y de observar si descendían menos de quince pies en el primer segundo; sin embargo, jamás obtuvo variación en las experiencias, pues las alturas y profundidades donde se hacían eran demasiado pequeñas; se permanecía, pues, en la

incertidumbre, y la idea de esta fuerza actuando desde el centro de la tierra seguía siendo una vaga sospecha.

Descartes tuvo conocimiento de esta fuerza e incluso habla de ella al tratar la gravedad; pero todavía faltaban las experiencias que debían esclarecer esta importante cuestión. Su genio sublime y vasto era arrastrado por el sistema de los torbellinos; al crear su universo, quería otorgar la dirección de todo a la materia sutil: la hizo dispensadora de todo movimiento y de toda gravedad; poco a poco Europa adoptó su sistema, a pesar de las protestas de *Gassendi*, quien fue menos seguido porque era menos audaz.

Un día del año de 1666, *Newton*, en su retiro campestre, al ver caer frutas de un árbol, según me lo comentó su sobrina (Mme. *Conduit*), se abandonó a una meditación profunda sobre la causa que arrastra a todos los cuerpos en una línea que, si fuese prolongada, pasaría más o menos por el centro de la Tierra.[8] ¿Cuál es, se preguntaba a sí mismo, la fuerza que no puede provenir de todos esos torbellinos imaginarios que tan falsos se han demostrado? Actúa sobre todos los cuerpos en razón de sus masas, y no de sus superficies; actuará sobre el fruto que acaba de caer de este árbol, tanto si está a tres mil toesas como si su altura fuese de diez mil. En consecuencia, la fuerza debe actuar desde donde se encuentra el globo de la Luna hasta el centro de la Tierra; siendo así, tal poder, cualquiera que fuese, puede entonces ser el mismo por el que los planetas tienden al sol y que hace gravitar los satélites de *Júpiter* sobre *Júpiter*. Ahora bien, está demostrado, según todas las inducciones derivadas de las leyes de *Kepler*, que todos los planetas secundarios gravitan hacia el planeta foco de su órbita, más cuanto más cerca estén, y menos cuanto más alejados. Un cuerpo colocado en la Luna, la cual circula alrededor de la Tierra, y un cuerpo colocado cerca de la Tierra deben, pues, pesar ambos hacia la Tierra, precisamente según una ley expresada por una cierta cantidad dependiente de sus distancias.

Así, para estar seguro de que es idéntica la causa que retiene los planetas en sus órbitas y que aquí hace caer los cuerpos graves, sólo se requieren medidas; basta con examinar qué espacio recorre un cuerpo grave al caer a tierra en un tiempo dado, y qué espacio recorrería un cuerpo situado en la región de la Luna en un tiempo dado. Puede considerarse que es la misma Luna el cuerpo que realmente cae a tierra durante el espacio que en cada instante la separa de la tangente de su órbita. Mas no estamos

aquí ante una hipótesis que se agrega según podamos a un sistema; no es un cálculo en el que debe contentarnos lo aproximado. Hay que comenzar por calcular rigurosamente la distancia entre la Luna y la Tierra, y para ello es necesario disponer de la medida de nuestro Globo.

Así razonó *Newton*; no obstante, para la medida de la Tierra se confió a las falsas estimaciones de los pilotos que contaban sesenta millas de Inglaterra, es decir veinte leguas de Francia, por grado de latitud, cuando era necesario contar setenta millas. En verdad, existía una medida de la Tierra más correcta. *Snellius* había proporcionado tal medida a principios del siglo XVII; y *Norwood*, matemático inglés, había medido en 1636 muy exactamente un grado de meridiano, encontrándolo, como debe ser, próximo a las setenta millas. Pero esta operación, hecha treinta años antes, era ignorada, como la de *Snellius*, por *Newton*. Las guerras civiles que afligieron Inglaterra, tan funestas para la ciencia como para el Estado, sepultaron en el olvido la única medida justa de la Tierra disponible, y hubo que atenerse a la vaga estimación de los pilotos. De acuerdo con este cómputo la Luna estaba demasiado cerca de la Tierra, y las relaciones halladas por *Newton* no estaban en proporción ni con la razón inversa de las distancias, ni con la de sus cuadrados. No creyó que le fuera permitido agregar algo, y acomodar la naturaleza a sus ideas: quería acomodar sus ideas a la naturaleza; entonces abandonó este hermoso descubrimiento, que la analogía con el resto de los astros hacía tan verosímil y que estaba tan próximo a ser demostrado; poco corriente buena fe que, por sí misma, debe dar gran peso a sus opiniones.

Por último, encontró la demostración de su teoría basándose en medidas más exactas hechas varias veces en Francia, y de las cuales hablaremos. El grado de la Tierra fue evaluado en veinticinco leguas nuestras, la Luna se encontró a sesenta semi-diámetros de la Tierra, y *Newton* retomó así el hilo de su demostración.

La gravedad en nuestro globo está en razón recíproca a los cuadrados de las distancias de los cuerpos pesados al centro de la Tierra; es decir, que el cuerpo que pese cien libras a un diámetro de la Tierra, solamente pesará una libra cuando esté a diez diámetros.

La fuerza ejercida por la gravedad no depende de los torbellinos de materia sutil, cuya existencia se ha demostrado falsa. Tal fuerza, cualquiera que sea, actúa sobre todos los cuerpos, no según sus superficies, sino con arreglo a sus masas. Si actúa a una distancia, debe actuar a cualquier

distancia; si actúa en razón inversa al cuadrado de las distancias, siempre debe actuar en la misma proporción sobre los cuerpos conocidos, cuando no estén próximos al contacto; quiero decir, lo más cerca que sea posible, sin estar unidos. Si, de acuerdo con tal proporción, esta fuerza hace recorrer en nuestro globo cincuenta y cuatro mil pies en sesenta segundos, un cuerpo que esté a cerca de sesenta radios del centro de la Tierra, deberá caer en sesenta segundos a sólo quince pies de París aproximadamente.

En su movimiento medio, la Luna está alejada del centro de la tierra casi sesenta radios del globo terráqueo; ahora bien, según las medidas hechas en Francia, se sabe cuántos pies mide la órbita descrita por la Luna; se sabe así que en su movimiento medio recorre ciento ochenta mil novecientos sesenta y un pies de París en un minuto. En su movimiento medio, la Luna cae de A a B (*figura* 3.3); obedece, pues, a la fuerza de proyectil que la empuja por la tangente A C, y a la fuerza que la haría descender siguiendo la línea A D, igual a B C: suprimid la fuerza que puede ser evaluada por la línea C B; esta línea C B es igual a la línea A D; pero está demostrado que si la curva A B mide ciento ochenta y siete mil novecientos setenta y un pies, la línea A D o C B medirá sólo quince; luego, da lo mismo que la Luna caiga en B o en D. Habría recorrido quince pies en un minuto de C a B; entonces habría recorrido igualmente quince pies en un minuto de A a D. Pero al recorrer este espacio en un minuto, recorre precisamente tres mil seiscientas veces menos camino que un móvil aquí en la Tierra: tres mil seiscientos es justamente el cuadrado de su distancia; luego la gravitación que actúa así sobre todos los cuerpos, también actúa entre la Tierra y la Luna precisamente según esta relación de la razón inversa del cuadrado de las distancias.

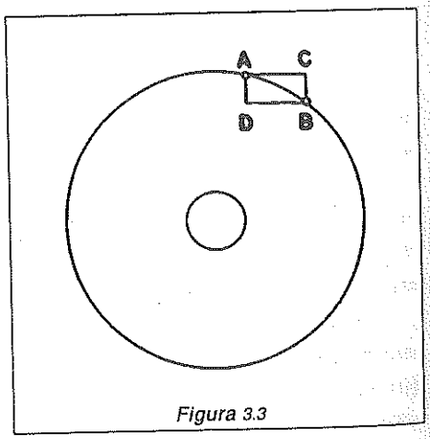

Figura 3.3

Pero si el mismo poder que anima los cuerpos dirige la Luna en su órbita, también debe dirigir la Tierra en la suya, y el efecto que opera sobre el planeta Luna, debe producirlo sobre el planeta Tierra. Puesto que ese poder es siempre el mismo, los demás planetas deben someterse; también el sol debe

cumplir su ley. Y si no existe ningún movimiento de los planetas, unos respecto a otros, que no sea efecto necesario de dicho poder, hay que reconocer entonces que toda la naturaleza lo confirma; esto es lo que comprobaremos más ampliamente.

CAPITULO IV

QUE LA GRAVITACION Y LA ATRACCION DIRIGEN EL CURSO DE TODOS LOS PLANETAS

Cómo debe entenderse la teoría de la gravedad en Descartes. Qué es la fuerza centrífuga, y la fuerza centrípeta. Esta demostración prueba que el sol está en el centro del universo, y no la tierra. Por las razones precedentes tenemos más verano que invierno.

Casi toda la teoría de la gravedad en *Descartes* está fundada sobre una ley de la naturaleza, según la cual todo cuerpo que se mueve en línea curva, tiende a alejarse del centro de su movimiento por una línea recta que tocaría la curva en un punto. Así ocurre en la honda que se escapa de la mano, etc. Al girar con la Tierra, todos los cuerpos hacen, pues, un esfuerzo para alejarse del centro; mas la materia sutil, haciendo un esfuerzo mucho mayor, rechaza, se decía, los demás cuerpos.

Es fácil ver que no correspondería a la materia sutil, antes que al resto de los cuerpos, hacer dicho mayor esfuerzo y alejarse del centro del supuesto torbellino; al contrario, su naturaleza (suponiendo que existiese) sería dirigirse al centro de su movimiento y dejar ir hasta la circunferencia a todos los cuerpos que tuviesen mayor masa. En efecto, esto es lo que ocurre sobre una mesa que gira en redondo, cuando en un tubo sujeto a la mesa se mezclan varios polvos y líquidos de pesos específicos diferentes: lo que tiene mayor masa se aleja del centro, lo que tiene menor masa se le aproxima. Tal es la ley de la naturaleza; y cuando *Descartes* puso a girar en la circunferencia su supuesta materia sutil, comenzó por violar la ley de las fuerzas centrífugas que había postulado como primer principio. Es bonito imaginar que DIOS había creado dados girando unos sobre otros;

que la raspadura de tales dados sería la materia sutil que, al escapar por todas partes, adquiría más velocidad; que el centro de un torbellino se encostraba, etc.: hacía falta que tales imaginaciones rectificaran aquel error.

Sin perder más tiempo en combatir tales entes de razón, sigamos las leyes de la mecánica que opera en la naturaleza. Un cuerpo que se mueve circularmente toma en cada punto de la curva descrita una dirección que lo alejaría del círculo obligándolo a seguir una línea recta.

Esto es cierto; pero hay que tener en cuenta que el cuerpo sólo se alejaría del centro debido a otro gran principio: que todo cuerpo, siendo indiferente por sí mismo al reposo y al movimiento, y teniendo la inercia, que es un atributo de la materia, sigue necesariamente la línea en la que es movido. Ahora bien, todo cuerpo que gira alrededor de un centro sigue en cada instante una línea recta infinitamente pequeña, que llegaría a ser una recta infinitamente larga si no encontrara ningún obstáculo. El resultado de este principio, reducido a su justo valor, no es pues otra cosa sino que un cuerpo que sigue una línea recta siempre seguirá una línea recta; luego se requiere otra fuerza para obligarlo a describir una curva; así, esa otra fuerza por la que describe la curva, lo haría caer al centro en cada instante, en el caso de que cesara el movimiento del proyectil en línea recta. Ciertamente, (*figura* 3.4) el cuerpo iría a A, a B, a C si se escapase en cada momento.

Así mismo, en cada momento caería al centro desde A, desde B, desde C; porque su movimiento está compuesto de dos clases de movimientos: el movimiento de proyectil en línea recta y el movimiento, también en línea recta, que le imprime la fuerza centrípeta, fuerza que lo conduciría al centro. Así, de la misma manera que el cuerpo describiría las tangentes A, B, C, está demostrado que existe una potencia que lo aparta de tales tangentes en el mismo instante en que las emprende. Es absolutamente necesario, pues, considerar

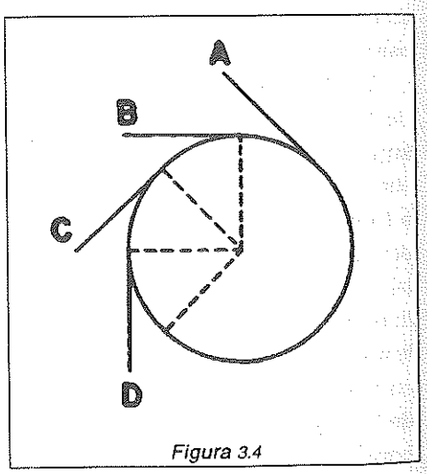

Figura 3.4

que cualquier cuerpo que describe una curva es movido por dos potencias: una que lo haría recorrer tangentes y que se denomina fuerza centrífuga, o mejor, fuerza de inercia, de inactividad, que obliga al cuerpo a seguir siempre una recta si nada se lo impide; y otra, la fuerza que tira del cuerpo hacia el centro, denominada fuerza centrípeta y que es la verdadera fuerza.[9]

El primer resultado del establecimiento de esta fuerza centrípeta es la demostración de que todo móvil que se mueve en un círculo, en una elipse, o en cualquier curva, se mueve alrededor de un centro al que tiende. Es más, el móvil, cualesquiera que sean las porciones de curva recorridas, describirá en sus arcos más grandes y más pequeños áreas iguales en tiempos iguales. Si, por ejemplo, un móvil bordea en un minuto el espacio A C B (*figura* 3.5) de cien millas de área, en dos minutos debe bordear otro espacio B C D de doscientas millas.

Esta ley inviolablemente observada por todos los planetas, y desconocida durante toda la antigüedad, fue descubierta hace casi cincuenta años por *Kepler*, quien ha merecido el título de legislador en astronomía, a pesar de sus errores filosóficos. No podía conocer entonces la razón de la regla a que están sometidos los cuerpos celestes. La extrema sagacidad de *Kepler* encontró el efecto del que el genio de *Newton* halló la causa.

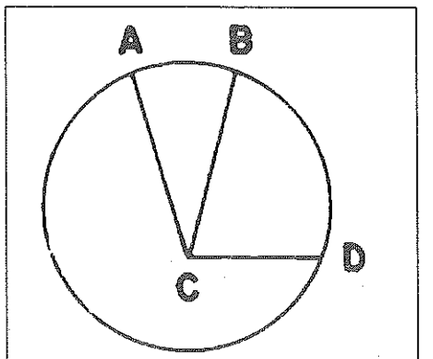

Figura 3.5

Voy a dar la sustancia de la demostración de *Newton*; será fácilmente comprendida por todo lector atento, porque los hombres poseen una geometría natural en el espíritu, que les permite aprehender las relaciones, cuando no son demasiado complicadas.[10]

Sea el cuerpo A (*figura* 3.6) que se mueve hacia B en un espacio de tiempo suficientemente pequeño; al final de tal espacio, el mismo movimiento continuado (ya que no hay aquí ninguna aceleración) lo

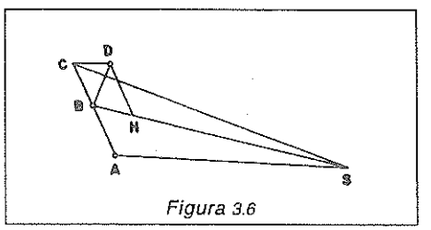

Figura 3.6

llevará a C; pero en B encuentra una fuerza que lo empuja según la línea B H S; no sigue, pues, el camino B H S ni el camino A B C; formad el paralelogramo C D H B, entonces el móvil, al estar movido por la fuerza B C, y por la fuerza B H, toma la diagonal B D; ahora bien, la línea B D y la línea B A, siendo infinitamente pequeñas, son los comienzos de una curva, etc., luego el cuerpo debe moverse en una curva.

Debe bordear espacios iguales en tiempos iguales porque el espacio del triángulo S B A es igual al espacio del triángulo S B D, pues el triángulo S B A es igual al triángulo S B C al tener tales triángulos el vértice S común y las bases A B y B C iguales, y al ser el triángulo S B C igual al triángulo S B D por tener ambos en común la base B S, y sus vértices D C en la línea C D paralela a la base B S, entonces las áreas son iguales; luego, todo cuerpo dotado de un movimiento de proyección y atraído por un centro fijo describe áreas proporcionales al tiempo; y, recíprocamente, todo cuerpo que recorre en una curva áreas iguales en tiempos iguales, puede considerarse que es atraído por una fuerza hacia el centro de tales áreas; por tanto los planetas tienden hacia el sol y no alrededor de la tierra, ya que al tomar la tierra como centro, sus áreas son desiguales con relación a los tiempos; y al tomar el sol como centro, las áreas resultan siempre proporcionales a los tiempos, exceptuados los pequeños desvíos causados por la gravedad misma de los planetas. En fin, *Newton* demostró que si, en esta hipótesis, la curva descrita alrededor del centro es una elipse, la fuerza atractiva está en razón inversa al cuadrado de las distancias.

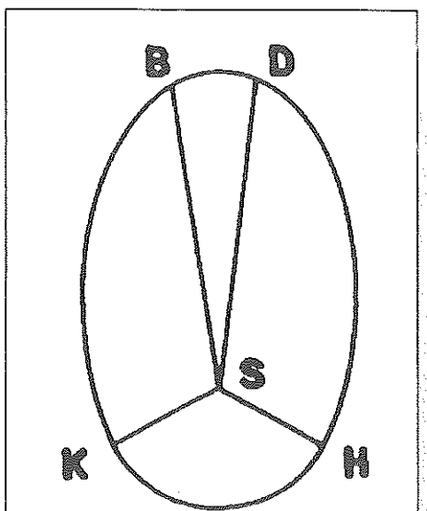

Figura 3.7

Para entender mejor aún lo que significa áreas proporcionales a los tiempos, y para captar de un vistazo la ventaja que obtenéis de tal conocimiento, observad la tierra arrastrada en su elipse alrededor del sol S, su centro (*figura* 3.7). Cuando va de B a D, barre un espacio tan grande como cuando recorre el gran arco H K: el sector H

S K avanza en anchura lo que el sector B S D en longitud.

Para hacer iguales el área de esos sectores en tiempos iguales, se necesita que el cuerpo vaya hacia H K más rápido que hacia B D. Así, la tierra, y cualquier planeta, se mueve más rápido en su perihelio, que es la curva más próxima al sol S, que en su afelio, que es la curva más distante de ese mismo foco S.

Se sabe, pues, cuál es el centro del movimiento de un planeta y qué figura describe su órbita, por las áreas que recorre; se sabe que todos los planetas, cuanto más alejados están del centro de su movimiento, menos gravitan hacia dicho centro. Así, al estar treinta o más veces más cerca la tierra del sol, es decir, un millón doscientas mil leguas durante el invierno que durante el verano, será también más atraída en invierno; así irá más rápida en ese momento debido a su curva y por ello tenemos ocho días y medio más de verano que de invierno, y el sol está en los signos septentrionales ocho días y medio más que en los meridionales. Puesto que todo planeta sigue respecto al sol, foco de su órbita, la ley de gravitación que experimenta la luna en relación a la tierra, está demostrado que esta gravitación, esta atracción, actúa sobre todos los cuerpos que conocemos.

Pero otra poderosa demostración de esta verdad es la ley que siguen respectivamente todos los planetas en sus cursos y distancias: es lo que conviene examinar minuciosamente.

CAPITULO V

DEMOSTRACION DE LAS LEYES DE LA GRAVEDAD A PARTIR DE LAS REGLAS DE KEPLER; QUE UNA DE LAS LEYES DE KEPLER DEMUESTRA EL MOVIMIENTO DE LA TIERRA[11]

Gran regla de Kepler. *Falsas razones de esta admirable ley. Razón verdadera de esta ley encontrada por* Newton. *Recapitulación de las pruebas de la gravitación. Estos descubrimientos de* Kepler *y de* Newton *permiten demostrar que es la tierra la que gira alrededor del sol. Demostración del movimiento de la tierra obtenida de las mismas leyes.*

También *Kepler* encontró la admirable regla de la cual daré un ejemplo, antes que la definición, para hacer la cosa más clara y asequible.

Júpiter tiene cuatro satélites que giran a su alrededor; el más próximo está a una distancia de dos diámetros y cinco sextos de *Júpiter*, y hace su rotación en cuarenta y dos horas; el último gira alrededor de *Júpiter* en cuatrocientas dos horas; quiero saber a qué distancia del centro de *Júpiter* se encuentra este último satélite. Para encontrar la respuesta utilizo la siguiente regla. Igual que el cuadrado de cuarenta y dos horas, revolución del primer satélite, es al cuadrado de cuatrocientas dos horas, revolución del último satélite; así el cubo de dos diámetros y cinco sextos es a un cuarto término. Hallando este cuarto término, le extraigo la raíz cúbica; se encuentra que esta raíz cúbica es doce y dos tercios; entonces afirmo que el cuarto satélite se encuentra a una distancia del centro de *Júpiter* de doce diámetros y dos tercios de *Júpiter*. Utilizo la misma regla para todos los planetas que giran alrededor del sol. Me pregunto: si *Venus* gira en doscientos veinticuatro días y la tierra en trescientos sesenta y cinco, y la tierra está a treinta millones de leguas del sol, ¿a cuántas leguas estará

Venus? Respondo: el cuadrado del año de la tierra es al cuadrado del año de *Venus*, como el cubo de la distancia media de la tierra es a un cuarto término cuya raíz cúbica será alrededor de veintiún millones setecientas mil leguas, que es la distancia media de *Venus* al sol; otro tanto diré de la tierra y de *Saturno*, etc.

Esta ley consiste, pues, en que siempre el cuadrado de la revolución de un planeta es al cuadrado de la revolución de cualquier otro planeta, como el cubo de su distancia al centro común es al cubo de la misma distancia del otro.

Al encontrar esta proporción, *Kepler* estaba muy lejos de tener su explicación. No tan buen filósofo como admirable astrónomo, dice, en el cuarto libro de su epítome, que el sol tiene alma, no un alma inteligente, *animun*, sino un alma vegetativa, activa, *animam*; que al girar sobre sí mismo atrae los planetas, mas los planetas no caen en el sol debido a la revolución sobre su eje. Mediante esta revolución, dice, presentan al sol alternativamente un lado amigo y un lado enemigo: el lado amigo es atraído, y el lado enemigo rechazado, lo que produce el curso anual de los planetas en las elipses.

Para vergüenza de la filosofía hay que reconocer que fue con un razonamiento tan poco filosófico como *Kepler* concluyó que el sol debía rotar sobre su eje; el error le condujo por azar a la verdad y adivinó la rotación del sol sobre sí mismo más de quince años antes de que los ojos de *Galileo* la reconocieran con ayuda de los telescopios.

En el mismo epítome, página 495, *Kepler* agrega que la masa del sol, la masa de todo el éter y la masa de las esferas de las estrellas fijas, son exactamente iguales; y que éstos son los tres símbolos de la Santísima Trinidad.

Aquel que, leyendo estos elementos, percibiese tan grandes ensoñaciones junto a verdades tan sublimes en un hombre de la talla de *Kepler*, no debe de ningún modo sorprenderse; se puede ser todo un genio en cálculo y observaciones y, a veces, emplear mal la razón para el resto; hay ciertos entendimientos que no pudiendo prescindir de la geometría, caen cuando se deciden a marchar solos. Por lo tanto no es sorprendente que *Kepler*, descubriendo las leyes de la astronomía, no haya conocido la razón de tales leyes.[12]

Dicha razón consiste en que la fuerza centrípeta está precisamente en proporción inversa al cuadrado de la distancia del centro del movimiento

hacia el cual se dirige la fuerza; en efecto, si tal es la ley de la gravedad, resulta que todo cuerpo que se aproxima tres veces más al centro de su movimiento, gravita nueve veces más; que si se aleja tres veces más, gravitará nueve veces menos; y que si se aleja cien veces más, gravitará diez mil veces menos. Un cuerpo que se mueve circularmente alrededor de un centro, pesa entonces en razón directa de su masa; ahora bien, se ha demostrado que es la gravedad la que lo hace rotar alrededor de tal centro, puesto que sin la gravedad se alejaría describiendo una tangente. La gravedad obrará entonces más fuertemente sobre un móvil que rote más rápido alrededor de ese centro; y cuanto más se aleje el móvil, más lento rotará, porque entonces pesará menos, y la relación entre la velocidad media de esos cuerpos o el tiempo de sus revoluciones periódicas, será tal que los cuadrados de dichos tiempos siempre serán proporcionales al cubo de las distancias medias.

Queda, pues, demostrada la ley de la gravedad según el cuadrado de las distancias:

1º. Por la velocidad con que la luna describe su órbita, comparada con la distancia al centro de la tierra.

2º. Por la trayectoria de cada planeta alrededor del sol en una elipse.

3º. Por la comparación de las distancias y de las revoluciones de todos los planetas alrededor de su centro común.

No será inútil subrayar que esta misma regla de *Kepler*, que permite confirmar el descubrimiento de *Newton* relativo a la gravitación, también confirma el sistema de *Copérnico* sobre el movimiento de la tierra. Se puede decir que *Kepler*, con sólo una regla, demostró lo que ya se había hallado antes, y abrió el camino a verdades que algún día deberían descubrirse.

Porque demostró, de una parte, que si la ley de las fuerzas centrípetas no era cierta, la regla de *Kepler* sería imposible; de otra, probó que, según la misma regla, si el sol girara alrededor de la tierra, habría que decir: La revolución de la luna alrededor de la tierra en un mes es a la pretendida revolución del sol alrededor de la tierra en un año, como la raíz cuadra del cubo de la distancia de la luna a la tierra es a la raíz cuadrada del cubo de la distancia del sol a la tierra. Por medio de este cálculo se hallaría que el sol sólo está a quinientas diez mil leguas de nosotros, cuando está demostrado que se encuentra por lo menos a cerca de treinta millones de leguas; así pues, *Kepler* demostró rigurosamente el movimiento de la tierra. He aquí otra demostración muy simple obtenida de los mismos

teoremas.

Si la tierra fuera el centro del movimiento del sol, como lo es del movimiento de la luna, la revolución del sol sería de cuatrocientos setenta y cinco años, en lugar de un año, ya que la distancia media del sol a la tierra es a la distancia media de la luna a la tierra, como trescientos treinta y siete es a uno; luego el cubo de la distancia a la luna es uno; el cubo de la distancia del sol treinta y ocho millones doscientos setenta y dos mil setecientos ciencuenta y tres; concluid la regla diciendo: el cubo de uno es al cubo de treinta y ocho millones doscientos setenta y dos mil setecientos cincuenta y tres, como el cuadrado de veintiocho, que es la revolución periódica de la luna, es a un cuarto número; encontraréis que el sol empleará cuatrocientos setenta y cinco años, en lugar de un año, en girar alrededor de la tierra. Queda demostrado, pues, que es la tierra la que gira.

Son muy a propósito las demostraciones anteriores, por cuanto todavía hay hombres destinados a instruir a otros en Italia, en España e incluso en Francia, que dudan o fingen dudar del movimiento de la tierra.

Está sin embargo demostrado por la ley de *Kepler* y la de *Newton* que cada planeta gravita hacia el sol, centro de la órbita que describe. Estas leyes se cumplen con los satélites de *Júpiter* respecto a su centro en *Júpiter*; en las lunas de *Saturno* respecto a *Saturno*; en la nuestra con relación a nosotros: todos estos planetas secundarios, que giran alrededor de su planeta central, gravitan también con su planeta central alrededor del sol; es el caso de la luna que, arrastrada alrededor de la tierra por la fuerza centrípeta, es atraída simultáneamente por el sol, alrededor del cual también hace su revolución. No hay ninguna variación en el curso de la luna, en sus distancias a la tierra, en la figura de su órbita, ya sea próxima a la elipse o circular, etc. que no sea consecuencia de la gravitación, según los cambios de sus distancias a la tierra y al sol.

Cuando no recorre en su órbita áreas exactamente iguales en tiempos iguales, M. *Newton* calculó todos aquellos casos en que la desigualdad se presenta: todos dependen de la atracción del sol, la cual es ejercida sobre los dos globos en razón directa a sus masas y en razón inversa al cuadrado de sus distancias. Vamos a ver que la variación menor de la luna es un efecto necesario de tales poderes combinados.

CAPITULO VI

NUEVAS PRUEBAS DE LA ATRACCION: QUE LAS DESIGUALDADES DEL MOVIMIENTO DE LA ORBITA DE LA LUNA SON NECESARIAMENTE EFECTOS DE LA ATRACCION

Ejemplo de prueba. Desigualdades del curso de la luna, todas causadas por la atracción. Deducción de tales verdades. La gravedad no es el efecto del curso de los astros, sino que sus cursos son efecto de la gravedad. Tal gravedad, tal atracción puede ser un primer principio establecido en la naturaleza.

La luna sólo tiene un movimiento igual; es la rotación alrededor de ella misma sobre su eje, y es el único del que no nos damos cuenta: es éste el movimiento que siempre nos presenta más o menos el mismo disco de la luna; de suerte que, al rotar realmente sobre sí misma, parece no rotar nada y tener tan sólo un pequeño movimiento de balanceo, de vibración, que en realidad no posee y que en la antigüedad se le atribuía. (Ved el capítulo X, sobre la causa de la libración de la luna). Todos los demás movimientos alrededor de la tierra son desiguales, y deben serlo si la regla de la gravedad es verdadera. En el curso de un mes la luna está necesariamente más cerca del sol en un cierto punto y en un cierto tiempo de su trayectoria; ahora bien, en ese punto y en dicho tiempo su masa sigue siendo la misma; al cambiar solamente su distancia, la atracción del sol debe cambiar en razón inversa al cuadrado de la distancia: el curso de la luna debe entonces cambiar, en algún momento debe ir más rápido de como la sola atracción de la tierra la haría ir; ahora bien, por la atracción de la tierra debería haber recorrido áreas iguales en tiempos iguales, como ya lo habeis observado en el capítulo cuarto; por efecto de la atracción del sol, tales áreas deben ser ahora desiguales.

No podemos contener la admiración por la sagacidad con que *Newton* desenmarañó todas estas desigualdades y reguló la marcha de este planeta, que había escapado a todas las indagaciones de los astrónomos; es sobre todo aquí donde uno puede decir:

Nec propiús fas est mortali attingere Divos.[13]

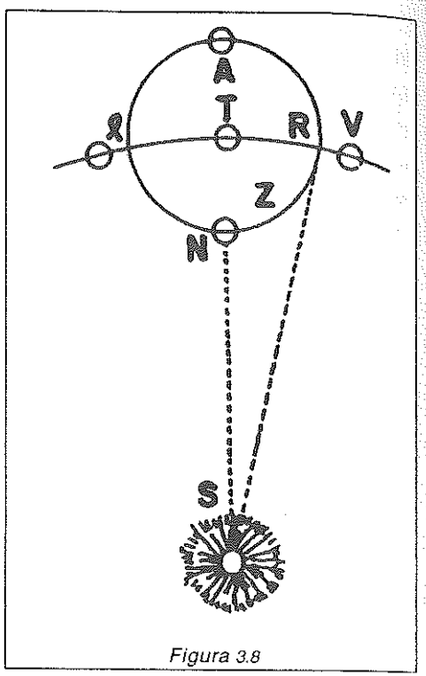

Figura 3.8

Entre todos los ejemplos a escoger, elijamos el siguiente: Sea A la luna (*figura* 3.8); A, B, N, Q, la órbita de la luna; S, el sol; B, el lugar en que la luna se encuentra en su último cuarto. En ese punto se encuentra manifiestamente a la misma distancia del sol que la tierra. Despreciando la diferencia de oblicuidad de la línea que une la luna al sol, la gravedad de la tierra y de la luna con respecto al sol serán pues iguales. Sin embargo, la tierra avanza en su ruta anual de T a V y la luna en su curso mensual avanza hacia Z; ahora bien, está claro que en Z es más atraída por el sol S, del que se halla más cercana que la tierra; su movimiento, pues, será acelerado de Z a N y cambiará por consiguiente la órbita que describe; pero, ¿cómo cambiará? Aplanándose un poco hasta aproximarse mucho a una recta entre Z y N; así pues, la gravitación cambia en cada momento el curso y la forma de la elipse en la que se mueve este planeta. Por la misma razón, la luna debe retardar su curso y cambiar igualmente la figura de la órbita que describe al pasar de la conjunción N a su primer cuarto Q; ahora bien, puesto que si en su último cuarto aceleraba su curso achatando la curva hasta su conjunción N, debe retardar dicho curso al remontar desde la conjunción hacia su primer cuarto. Pero cuando la luna remonta el primer cuarto hasta su pleno A, está más lejos del sol y, por tanto, la atraerá menos; gravita entonces más hacia la tierra. En ese momento, al acelerar la luna su movimiento, la curva descrita se achata de nuevo un poco, como en la conjunción; ahí

radica la única razón por la que la luna está más lejos de nosotros en los cuartos que en la conjunción y en su oposición. La curva que describe es una especie de óvalo próximo al círculo.

Así pues el sol, del que se aproxima o aleja en cada instante, debe variar el curso de este planeta.

Ella tiene su apogeo y su perigeo, su mayor o menor distancia a la tierra, pero los puntos, los lugares de dichos apogeo y perigeo deben cambiar. Tiene sus nudos, es decir, los puntos en los que la órbita que recorre corta precisamente a la órbita de la tierra; pero tales nudos, tales puntos de intersección, también deben estar cambiando siempre. Su ecuador está inclinado respecto al ecuador de la tierra, pero dicho ecuador, más o menos atraído, debe cambiar su inclinación.

Sigue a la tierra, pese a todas estas alteraciones, acompañándola en su curso anual; pero en este curso la tierra se encuentra en invierno un millón de leguas más cerca del sol que en verano. ¿Qué ocurre entonces, independientemente de todas las otras variaciones? La atracción de la tierra actúa con mayor intensidad sobre la luna en verano; luego la luna realiza el curso de un mes un poco más rápido; mas en invierno, por el contrario, al estar la tierra más atraída por el sol y yendo más rápidamente que en verano, deja disminuir el curso de la luna; los meses de invierno de la luna son un poco más largos que los meses de verano. Lo poco que hemos dicho bastará para dar una idea general de tales cambios.

Si alguien planteara aquí la dificultad que he oído formular algunas veces, de cómo la luna, siendo más atraída por el sol, no cae entonces en ese astro, basta sólo considerar que la fuerza de gravedad que dirige la luna alrededor de la tierra apenas es aquí disminuída por la acción del sol.

A partir de tales desigualdades en el curso de la luna, producidas por la atracción, concluiréis con razón que dos planetas cualesquiera suficientemente próximos, bastante grandes como para que actúen apreciablemente el uno sobre el otro, jamás podrán rotar en círculos alrededor del sol, ni siquiera en elipses absolutamente regulares. Así, las curvas descritas por *Júpiter* y *Saturno* experimentan, por ejemplo, variaciones sensibles en la conjunción de tales astros cuando, al estar el uno lo más cerca posible del otro y lo más lejos del sol, su acción mutua aumenta y la del sol sobre ellos disminuye.

Aumentada o disminuida según las distancias, la gravedad asignaría entonces necesariamente una figura elíptica irregular a la trayectoria de

la mayor parte de los planetas; en consecuencia, la ley de gravedad no puede ser efecto del curso de los astros, sino que la órbita que describen es el efecto de la gravedad. Si la gravedad no estuviese, como está, en razón inversa al cuadrado de las distancias, el universo no podría subsistir en el orden en que está.

Si los satélites de *Júpiter* y de *Saturno* hacen su revolución en curvas muy próximas al círculo, es porque los grandes planetas que son su centro están muy lejos del sol, y la acción del sol no puede cambiar el curso de dichos satélites como cambia el curso de nuestra luna; está, pues, demostrado que la gravedad, cuyo sólo nombre parecía una paradoja muy extraña, es una ley necesaria en la constitución del mundo: lo poco verosímil es algunas veces verdadero.

No hay actualmente ningún buen físico que no acepte la regla de *Kepler* y la necesidad de admitir una gravedad como la que *Newton* probó; mas hay aún filósofos aferrados a sus torbellinos de materia sutil, que quisieran conciliar tales torbellinos imaginarios con las verdades demostradas. Ya hemos visto hasta qué punto son inadmisibles los torbellinos, pero ¿no provee la misma gravedad una nueva demostración en su contra? Porque, suponiendo que semejantes torbellinos existiesen, sólo podrían girar alrededor de un centro según las leyes de la gravedad; habría que recurrir entonces a la gravedad como causa de los torbellinos, y no a los pretendidos torbellinos como causa de la gravedad.

En fin, si estando finalmente forzados a abandonar los torbellinos imaginarios, debemos limitarnos a decir que la gravedad, la atracción, depende de alguna otra causa desconocida, de cualquier otra propiedad secreta de la materia; sin duda, ello podría ser; pero esa propiedad, a su vez, sería efecto de otra propiedad, o bien una causa primordial, un principio establecido por el autor de la naturaleza; ahora bien, ¿por qué la atracción de la materia no podría ser ella misma ese primer principio? Al final de su Optica, *Newton* dice que tal vez la atracción es el efecto de un espíritu extremadamente elástico y raro expandido en la naturaleza; pero, ¿de dónde provendría entonces tal elasticidad?, ¿no sería tan difícil de aceptar como la gravedad, la atracción, la fuerza centrípeta? Esta fuerza me ha sido demostrada; aquel espíritu elástico apenas es supuesto: me atengo a lo primero y no puedo admitir un principio del que no poseo la menor prueba, para explicar una cosa verdadera e incomprensible cuya existencia prueba toda la naturaleza.[14]

CAPITULO VII

NUEVAS PRUEBAS Y NUEVOS EFECTOS DE LA GRAVEDAD: QUE ESTE PODER ESTA EN CADA PARTE DE LA MATERIA: DESCUBRIMIENTOS QUE DEPENDEN DE ESTE PRINCIPIO

Observación general e importante sobre el espíritu de la atracción. La gravedad, la atracción, se encuentra por igual en todas las partes de la materia. Cálculo audaz y admirable de Newton.

Retomemos de todas estas nociones, que la fuerza centrípeta, la atracción, la gravitación, es el principio indudable del curso de los planetas, de la caída de todos los cuerpos, y de la gravedad que experimentamos en los cuerpos. La fuerza centrípeta hace gravitar el sol hacia los planetas de la misma forma que los planetas gravitan hacia el sol, y atrae la tierra hacia la luna como la luna hacia la tierra. Una de las leyes primitivas del movimiento viene entonces a demostrar nuevamente esta verdad: es la ley de que la reacción es igual a la acción; de ahí que el sol gravite hacia los planetas y los planetas graviten hacia él; al comienzo del capítulo siguiente veremos de qué manera se ejecuta esta importante ley en nuestro universo. Ahora bien, al actuar la gravedad necesariamente *en razón directa de la masa* y ser el sol aproximadamente cuatrocientas sesenta y cuatro mil veces más grande que todo el conjunto de los planetas (sin contar los satélites de *Júpiter*, el anillo y las lunas de *Saturno*), es necesario que el sol sea su centro de gravitación; luego, es necesario que todos giren alrededor del sol.

Observemos muy cuidadosamente que cuando afirmamos que la gravedad actúa *en razón directa de las masas*, siempre queremos decir que el poder de la gravedad actúa tanto más sobre un cuerpo cuantas más partes tiene; y lo hemos demostrado comprobando en una máquina

purgada de aire que una brizna de paja desciende tan rápido como una libra de oro. Hemos dicho (haciendo abstracción de la pequeña resistencia del aire) que una bala de plomo, por ejemplo, cae desde quince pies de altura en un segundo; hemos demostrado que la misma bala caería desde quince pies en un minuto, si estuviese a sesenta radios de la tierra como está la luna; luego el poder de la tierra sobre la luna es al poder que tendría sobre una bala de plomo que fuera transportada a la misma altura de la luna, como el cuerpo sólido de la luna sería al cuerpo sólido de esta pequeña bala. Según esta proporción el sol actúa sobre todos los planetas, atrae a *Júpiter* y a *Saturno*, y a los satélites de *Júpiter* y de *Saturno*, en esta razón directa a la materia sólida contenida en los satélites de *Júpiter* y de *Saturno*, y de la que contienen *Saturno* y *Júpiter*.

De esto se deduce como una verdad incontestable que la gravedad no está tan sólo en la masa total de cada planeta, sino en cada parte de esta masa y, por tanto, que no existe un átomo de materia en el universo que no esté provisto de tal propiedad.

Escogeremos en este punto la manera más simple con que *Newton* demostró que la gravedad está igualmente en cada átomo. Si todas las partes de un globo no poseyeran igualmente dicha propiedad, si las hubiese más fuertes y más débiles, al girar el planeta sobre sí mismo presentaría necesariamente lados más débiles, y luego lados más fuertes a similar distancia: así, al experimentar los mismos cuerpos en todas las ocasiones posibles ya un grado de gravedad, ya otro a parecida distancia, la ley inversa de los cuadrados de las distancias y la ley de *Kepler* siempre estarían invertidas; sin embargo no lo están; luego no existe en ningún planeta alguna parte menos gravitatoria que otra. Veamos otra demostración. Si existieran cuerpos en los que esta propiedad fuese diferente, habría cuerpos que caerían más lentamente que otros en la máquina del vacío; ahora bien, todos los cuerpos caen al mismo tiempo, incluso todos los péndulos de igual longitud hacen las mismas vibraciones en el aire; los péndulos de oro, de plata, de hierro, de madera de arce, de vidrio, hacen sus vibraciones en tiempos iguales; luego todos los cuerpos poseen la propiedad de la gravedad precisamente en el mismo grado, es decir, precisamente según sus masas; de manera que la gravedad actúa como cien sobre cien átomos, y como diez sobre diez átomos.

De verdad en verdad, imperceptiblemente, alcanzamos conocimientos que parecían estar fuera de la esfera del entendimiento humano. *Newton*

osó calcular, con la única ayuda de las leyes de la gravedad, cuál debía ser el peso de los cuerpos en globos diferentes al nuestro; cuánto debe pesar en *Saturno*, en el sol, el mismo cuerpo que llamamos aquí una libra; y como los diferentes pesos dependen directamente de la masa de los globos, era indispensable calcular la masa de dichos astros. ¡Y que después de esto se diga que la gravitación, la atracción, es una cualidad oculta; que se atrevan a calificar así una ley universal que conduce a tan admirables descubrimientos![15]

CAPITULO VIII

TEORIA DE NUESTRO MUNDO PLANETARIO

Demostración del movimiento de la tierra alrededor del sol, deducida de la gravitación. Tamaño del sol. Gira sobre sí mismo alrededor del centro común del mundo planetario. Continuamente cambia de lugar. Su densidad. En qué proporción caen los cuerpos sobre el sol. Idea de Newton sobre la densidad del cuerpo de Mercurio. *Predicción de* Copérnico *sobre las fases de* Venus.

EL SOL

El sol está en el centro de nuestro mundo planetario, y allí debe estar necesariamente. No es que el punto medio del sol sea precisamente el centro del universo, sino que el punto central hacia el que gravita nuestro universo está necesariamente en el cuerpo de dicho astro, y todos los planetas, que en algún momento recibieron el movimiento de proyectil, deben girar alrededor de ese punto que está en el sol. Veamos la prueba.

Sean dos globos A y B, el mayor representando al sol y el menor representando un planeta cualquiera, (*figura* 3.9). Si uno y otro son abandonados a la ley de la gravitación, libres de cualquier otro movimiento, serán atraídos en razón directa a sus masas: estarán determinados a la línea recta uno hacia el otro; y A, un millón de veces mayor que B, se proyectará hacia éste un millón de veces más rápido de como el globo B iría hacia A. Pero si ambos poseen un movimiento de proyectil proporcional a sus masas, el planeta según B C, y el sol según A D, entonces el planeta obedece a dos movimientos; sigue la línea BC y al mismo tiempo gravita hacia el sol siguiendo la línea B A; recorrerá entonces la línea curva

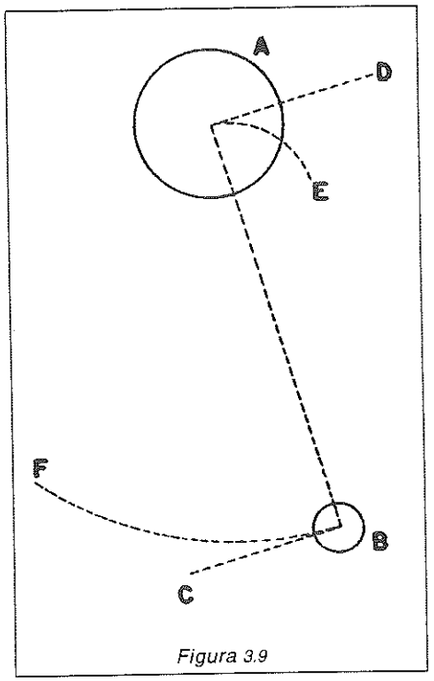

Figura 3.9

B F; así mismo el sol seguirá la línea A E, y, gravitando el uno con respecto al otro, girarán alrededor de un centro común. Pero al sobrepasar el tamaño del sol un millón de veces al de la tierra y al ser la curva A E que describe un millón de veces más pequeña que la que describe la tierra, el centro común está necesariamente casi en medio del sol.

Una vez más se demuestra así que la tierra y los planetas giran alrededor de ese astro; y esta demostración es tanto más bella y poderosa por ser independiente de toda observación y estar fundada en la mecánica primordial del mundo.

Si el diámetro del sol se hace igual a cien diámetros de la tierra y si, en consecuencia, sobrepasa en un millón de veces el tamaño de la tierra, el sol es cuatrocientas sesenta y cuatro veces más grande que todos los planetas juntos, no contando los satélites de *Júpiter* ni el anillo de *Saturno*. Gravita hacia los planetas y los hace gravitar a todos hacia él; esta gravitación es la que los hace circular sacándolos de la tangente, y la atracción que el sol ejerce sobre los planetas sobrepasa la que éstos ejercen sobre él, tanto como los sobrepasa en cantidad de materia. No perdáis jamás de vista que esta atracción recíproca no es otra cosa que la ley de los móviles gravitando todos y girando todos en torno a un centro común.

El sol rota sobre sí mismo en veinticinco días y medio, su punto medio está siempre un poco alejado del centro común de gravedad y su cuerpo se aleja cuando varios planetas en conjunción lo atraen hacia ellos; pero aunque todos los planetas se encontrasen de un lado y el sol del otro, el centro común de gravedad del mundo planetario apenas si saldría del sol, y la reunión de sus fuerzas apenas si podría perturbar y mover al sol en un diámetro entero. El sol cambia entonces realmente de lugar en cada

momento, según que sea más o menos atraído por los planetas, y este pequeño acercamiento suyo restablece el desajuste que operan los planetas entre sí; por tanto, el continuo desarreglo de este astro mantiene el orden en la naturaleza.

Aunque sobrepase en un millón de veces el tamaño de la tierra, el sol no tiene un millón más de materia. Si fuera realmente un millón de veces más sólido, más lleno que la tierra, el orden del mundo no sería como es, ya que las revoluciones de los planetas y sus distancias al centro dependen de su gravitación, y su gravitación está en razón directa a la cantidad de materia del globo en donde se encuentra su centro; luego, si el sol sobrepasase más de la cuenta a nuestra tierra y a nuestra luna en materia sólida, los planetas serían mucho más atraídos y sus elipses mucho más deformadas.

Mas la materia del sol no puede ser como su tamaño; porque al ser enteramente un globo de fuego, la rarefacción necesariamente es muy grande, y la materia es tanto menor cuanto más grande es la rarefacción. Por las leyes de la gravitación parece que el sol sólo tiene doscientas cincuenta mil veces más materia que la tierra; ahora bien, siendo el sol un millón de veces más grande pero sólo un cuarto de millón más material, entonces la tierra, un millón de veces más pequeña, tendrá en proporción cuatro veces más materia que el sol y será cuatro veces más densa.

En tal caso, el mismo cuerpo que pesa sobre la superficie de la tierra una libra, pesará veintitrés en la superficie del sol. El mismo cuerpo que aquí cae desde quince pies en un segundo, caerá casi trescientos quince pies en la superficie del sol, si no varía todo lo demás.[16]

Según *Newton*, el sol siempre pierde un poco de su sustancia y, en la noche de los siglos, quedaría reducido a nada, si los cometas que de vez en cuando caen en su esfera no sirvieran para reparar sus pérdidas; porque todo se altera y todo se recompone en el universo.

MERCURIO

Desde el sol y hasta once o doce millones de leguas nuestras aproximadamente, no aparece ningún globo. A once o doce millones de leguas del sol en distancia media está *Mercurio*. Es el más excéntrico de todos los planetas; gira en una elipse que en su perihelio lo coloca casi un tercio más próximo al sol que en su afelio.

Mercurio es aproximadamente veintisiete veces más pequeño que la tierra; gira alrededor del sol en ochenta y ocho días, lo que dura su año.

La revolución sobre sí mismo, su día, es desconocida; no se puede conocer ni su gravedad ni su densidad. Solamente se sabe que si *Mercurio* es precisamente una tierra como la nuestra, es necesario que la materia de ese globo sea alrededor de ocho veces más densa que la del nuestro, para que todo no esté en un grado tal de ebullición, que en un instante matase los animales de nuestra especie y evaporase toda materia de la consistencia de las aguas de nuestro globo.

Veamos la prueba de esta afirmación. *Mercurio* recibe casi siete veces más luz que nosotros, en proporción al cuadrado de las distancias, porque está casi dos veces y dos tercios más cerca del centro de luz y calor; luego es siete veces más calentado, siendo invariante lo demás. Ahora bien, si aumentamos en nuestra tierra el gran calor del verano siete u ocho veces, el agua al instante hierve a grandes borbotones; luego se necesitaría que todo fuese casi siete veces más denso de lo que es, para resistir siete u ocho veces más calor que el más radiente verano que diese nuestro clima; así, *Mercurio* debe ser por lo menos siete veces más denso que nuestra tierra para que las mismas cosas que hay en nuestra tierra puedan subsistir en el globo de *Mercurio*, siendo todo igual. Por lo demás, si *Mercurio* recibe casi siete veces más rayos que nuestro globo al encontrarse dos veces y dos tercios más cerca del sol, por la misma razón el sol aparece, desde *Mercurio*, casi siete veces más grande que desde nuestra tierra.

VENUS

Después de *Mercurio*, a veintiuno o veintidós millones de leguas del sol de distancia media, está *Venus*; es tan grande como la tierra; su año es de doscientos veinticuatro días. Tampoco se conoce aún su día, es decir, la revolución sobre sí mismo. Astrónomos eminentes lo evalúan en veinticinco horas, otros lo creen de veinticinco días nuestros. Todavía no se han podido hacer observaciones suficientemente seguras para saber dónde está el error; pero en todo caso este error sólo puede provenir de una mala apreciación de nuestros ojos, y no del razonamiento.

La elipse que recorre *Venus* en su año es menos excéntrica que la de *Mercurio*; a partir de la figura (*figura* 3.10) es posible formarse una idea del recorrido de los dos planetas alrededor del sol.

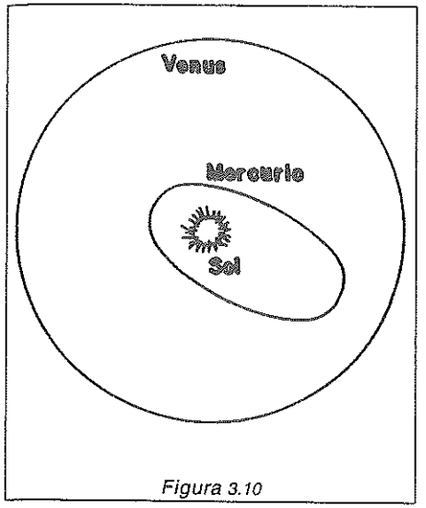

Figura 3.10

No está fuera de todo contexto observar aquí que *Venus* y *Mercurio* tienen en relación a nosotros fases diferentes, al igual que la luna. Antaño se reprochaba al sistema de *Copérnico* que, debiendo aparecer estas fases no apareciesen, y se concluía que su sistema era falso. Si *Venus* y *Mercurio*, se le decía, giran alrededor del sol y nosotros giramos en un círculo mayor, debemos ver a *Mercurio* y a *Venus* unas veces llenos, más tarde en creciente, etc.; pero esto jamás lo vemos. Sin embargo, es lo que ocurre, les respondía *Copérnico*, y es lo que veréis si alguna vez encontráis un medio de perfeccionar vuestra vista. La invención de los telescopios y las observaciones de *Galileo* pronto sirvieron para verificar la predicción de *Copérnico*. Por lo demás, todavía no es posible calcular la masa de *Venus*,[17] ni la gravedad de los cuerpos en ese planeta.[18]

CAPITULO IX

Teoría de la tierra: examen de su figura.

Me extenderé más en la teoría de la tierra. En primer lugar examinaré su figura, consecuencia necesaria de las leyes de atracción y de la rotación del globo sobre su eje. Mostraré los movimientos que posee, y terminaré esta teoría de nuestro globo con las pruebas más evidentes sobre la causa de las mareas, fenómeno inexplicable hasta *Newton* y que se ha convertido en el testimonio más hermoso de las verdades por él enseñadas. Comienzo por la forma de nuestro globo.

LA FIGURA DE LA TIERRA

Historia de las opiniones sobre la figura de la tierra. Descubrimiento de Richer y sus consecuencias. Teoría de Huygens. La de Newton. Disputas en Francia sobre la figura de la tierra.

Los primeros astrónomos en Asia y Egipto rápidamente se percataron de que la tierra, por la proyección de su sombra en los eclipses de luna, era redonda. Los hebreos, físicos demasiado mediocres, la imaginaron plana; se figuraban el cielo como una media cimbra que cubría la tierra, cuya figura y tamaño no conocían, pero de la que tarde o temprano esperaban ser dueños. Esta idea de una tierra estrecha y plana permaneció entre los cristianos durante largo tiempo; era común entre muchos doctores del siglo quince creer que la tierra era plana y larga de Oriente a Occidente y muy estrecha de Norte a Sur. Un obispo de Avila que escribió en aquel tiempo consideraba herética y absurda la opinión contraria;

finalmente, la razón y el viaje de *Cristóbal Colón* devolvieron a la tierra su antigua forma esférica. Entonces se pasó de un extremo al otro; se creyó que la tierra era una esfera perfecta, como se había creído que los planetas hacían sus revoluciones en un círculo exacto.

Sin embargo, desde el momento en que se empezó a descubrir que nuestro globo rota sobre sí mismo en veinticuatro horas, se habría podido concluir que no podría corresponderle una forma verdaderamente redonda. No solamente la fuerza centrífuga eleva considerablemente las aguas en la región del ecuador por el movimiento de rotación de veinticuatro horas, también son elevadas por las mareas en esa región en casi veinticinco pies, dos veces al día; sería pues imposible que las tierras en el ecuador no estuviesen inundadas; sin embargo, no lo están: luego, la región del ecuador está mucho más elevada en proporción que el resto de la tierra; por lo tanto, la tierra es un esferoide elevado en el ecuador, y no puede ser una esfera perfecta. Una prueba tan simple había escapado a los más grandes genios, porque raramente un prejuicio universal permite el examen.

Se sabe que en 1672, *Richer*, en un viaje a Cayena cerca de la línea ecuatorial, emprendido por orden de *Luis XIV* bajo los auspicios de *Colbert*, padre de todas las artes, *Richer*, digo, encontró, entre otras muchas observaciones, que el péndulo de su reloj no oscilaba, no vibraba, con tanta frecuencia como en la latitud de París, y que era absolutamente necesario recortar el péndulo en una línea y más de un cuarto. La física y la geometría no estaban entonces, ni con mucho, tan cultivadas como lo están hoy en día; ¿qué hombre habría creído que de esta observación, tan pequeña en apariencia, y que de una línea de más o menos pudiesen salir las más grandes verdades físicas? Al principio se encontró completamente necesario que la gravedad fuera menor en el ecuador que en nuestra latitud, pues sólo la gravedad causa la oscilación de un péndulo. En consecuencia, como la gravedad de los cuerpos es tanto menos fuerte cuanto más alejados estén del centro de la tierra, se requería absolutamente que la región del ecuador estuviese mucho más elevada que la nuestra, más alejada del centro; luego, la tierra no podía ser una esfera perfecta.

Muchos físicos hicieron con estos descubrimientos lo que hacen todos los hombres cuando tienen que cambiar su opinión; se disputó sobre la experiencia de *Richer*, se pretendió que nuestros péndulos hacían sus

vibraciones menos rápidas en el ecuador porque el calor en el más duro verano lo alargaba una línea en treinta pies de longitud; y en este caso se trataba de línea y cuarto, de línea y media, o incluso de dos líneas, en una vara de hierro de tres pies y ocho líneas de largo.

Algunos años después, los señores *Varin*, *Deshayes*, *Feuillée*, *Couplet*, repitieron la misma experiencia del péndulo cerca del ecuador; siempre hubo que recortar, aunque el calor fuese muy a menudo menor en la misma línea que a quince o veinte grados del ecuador. Esta experiencia ha sido confirmada de nuevo por los académicos que *Luis XV* ha enviado al Perú, quienes cerca de Quito, sobre montañas con un frío que helaba, tuvieron que recortar el péndulo de segundos en casi dos líneas.[19]

Más o menos simultáneamente, los académicos que fueron a medir un arco de meridiano al Norte, encontraron que en Pello, por encima del círculo polar, era necesario prolongar el péndulo para tener las mismas oscilaciones que en París; en consecuencia, el peso es mayor en el círculo polar que en los climas de Francia, como es mayor en nuestros climas que cerca del ecuador. Siendo el peso mayor en el Norte, el Norte está pues más cerca del centro de la tierra que el ecuador; luego, la tierra está achatada por los polos.

Jamás la experiencia y el razonamiento concurrieron con tanto acuerdo para probar una verdad. Mediante el cálculo de las fuerzas centrífugas, el célebre *Huygens* había demostrado que la gravedad, incluso si fuese constante, parecería menor en el ecuador que en las regiones polares y que, en consecuencia, las oscilaciones debían ser más cortas. Y para que la longitud observada de las vibraciones pudiese explicarse como efecto de la fuerza centrífuga, era necesario suponer aplanada la tierra. *Huygens* creía que la fuerza inherente a los cuerpos, que los determina hacia el centro del globo, la gravedad primitiva, es la misma en todas partes. Todavía no había visto los descubrimientos de *Newton*; sólo tenía en cuenta entonces la disminución del peso por la teoría de las fuerzas centrífugas. El efecto de las fuerzas centrífugas disminuye la gravedad primitiva en el ecuador. Cuanto más pequeños son los círculos en los que se ejerce la fuerza centrífuga, más cede esta fuerza a la gravedad: así, siendo nula la fuerza centrífuga en el polo, debe dejar toda la acción a la gravedad primitiva. Pero el principio de una gravedad siempre constante quedó arruinado por el descubrimiento realizado por *Newton*, del cual tanto hemos hablado en esta obra, sobre que un cuerpo transportado, por

ejemplo, a diez diámetros del centro de la tierra, pesa cien veces menos que a un diámetro.

Es, pues, por las leyes de la gravitación combinadas con las de la fuerza centrífuga como se hace evidente la figura que debe tener la tierra. *Newton* y *Grégory* estaban tan seguros de esta teoría que no dudaron en adelantar que las experiencias sobre la gravedad eran más ciertas para conocer la figura de la tierra que ninguna medida geográfica.[20]

Luis XIV había fijado su reino mediante el meridiano que atraviesa Francia; el ilustre *Dominique Cassini* lo comenzó con su hijo; en 1701 había trazado desde la base de los Pirineos al observatorio una línea, tan recta como se pudo, a través de obstáculos tan insuperables como los que las alturas de las montañas, los cambios en la refracción del aire y las alteraciones de los instrumentos, oponían sin cesar a tan vasta y delicada empresa; en 1701 había empero medido diez grados y dieciocho minutos del meridiano. Sin embargo, cualquiera que fuese la causa del error, *Cassini* encontró que los grados hacia París, es decir, hacia el Norte, eran más pequeños que en los Pirineos, hacia el Sur; esta medida desmentía tanto la de Norvood, como la nueva teoría de la tierra aplanada por los polos. No obstante, la nueva teoría comenzaba a ser tan bien recibida que el secretario de la academia, en su historia de 1701, no dudó en afirmar que las nuevas medidas tomadas en Francia probaban que la tierra era un esferoide cuyos polos están aplanados. Las medidas de *Dominique Cassini* comportaban, en verdad, una conclusión completamente opuesta; pero como la figura de la tierra no era por entonces en Francia un problema, nadie se dio cuenta de que esta conclusión era falsa. Los grados del meridiano Colliure-París pasaron por exactamente medidos, y el polo, que según dichas medidas debía estar necesariamente alargado, quedó aplanado.

Un ingeniero, el Señor *des Roubais*, extrañado por la conclusión, demostró que, según las medidas realizadas en Francia, la tierra debía ser un esferoide oblongo, en el que el meridiano que va de un polo a otro es más largo que el ecuador, y en el que los polos están alargados.[21] Pero ninguno de los físicos a quienes dirigió su disertación quiso imprimirla, porque se pensaba que la academia ya se había pronunciado y que reclamar era demasiado atrevimiento para un particular. Poco tiempo después fue reconocido el error de 1701; hubo retractaciones y se alargó la tierra mediante una justa conclusión salida de un falso principio. Desde

este principio se prolongó el meridiano de París hasta Dunkerque, se volvió a encontrar que los grados del meridiano eran más pequeños yendo hacia el Norte. Por la misma época, algunos matemáticos que hacían iguales operaciones en China se sorprendieron al encontrar diferencias entre sus grados, pues pensaban que debían ser iguales, y después de varias verificaciones descubrieron que eran más pequeños hacia el Norte que hacia el Sur. El acuerdo entre los matemáticos de Francia y de China era, pues, una razón poderosa para creer en el esferoide oblongo. Todavía se hizo más en Francia, al medir paralelos al ecuador. Es fácil comprender que sobre un esferoide oblongo, nuestros grados de longitud deben ser más pequeños que sobre una esfera. El señor *Cassini* encontró que el paralelo que pasa por Saint-Malo es mil treinta y siete toesas más corto de lo que debería ser en la hipótesis de una tierra esférica. Este grado era pues incomparablemente más corto de lo que habría sido sobre un esferoide con los polos aplanados.

Todas estas mediciones erróneas probaron que se habían encontrado los grados tal como se quiso encontrarlos: durante algún tiempo contradijeron en Francia la demostración de *Newton* y de *Huygens*, y no se dudó que los polos tuviesen una forma completamente opuesta a la que al principio se creyó que tenían.[22]

Finalmente, cuando los nuevos académicos que fueron en 1736 al círculo polar, descubrieron por otras mediciones que el grado era en esos climas mucho más largo que en Francia, se dudó entre ellos y los señores *Cassini*. Pero, poco después se acabaron las dudas, porque los mismos astrónomos que llegaron del polo examinaron de nuevo el grado medido en 1677 por *Picard* al norte de París; verificaron que era más largo en ciento veintitrés toesas de lo que *Picard* encontró. Entonces, si *Picard*, con todas sus precauciones, había determinado su grado ciento veintitrés toesas más corto, era muy natural que posteriormente se encontrasen más largos de lo que debían ser los grados hacia el sur. De manera que el primer error de *Picard*, que servía de fundamento a las mediciones del meridiano, servía también de excusa a los errores casi inevitables que excelentes astrónomos hubiesen podido cometer en tan importante obra. Los académicos que habían regresado del polo tenían de su parte en esta disputa la teoría y la práctica. Una y otra fueron confirmadas por el reconocimiento hecho en 1740 a la academia por el nieto del ilustre *Cassini*, heredero del mérito del padre y de su abuelo. Acababa de concluir

la medición de un paralelo al ecuador, y reconoció que, por fin, esta medida, realizada con todo el esmero que exigía la disputa, probaba que la tierra era achatada. Tan valeroso reconocimiento debe concluir la querella honorablemente para todos los partidarios. Pese a tantas mediciones diferentes se ve cuán fácil es equivocarse. El espesor de un cabello en nuestro planeta no cambia en el cielo a millones de leguas. *Newton* estaba mucho más seguro del achatamiento del polo por sus demostraciones, de lo que podemos estarlo de la cantidad de este achatamiento con el auxilio de los mejores cuadrantes de círculo.

Por lo demás, la diferencia de la esfera al esferoide no se reduce a una circunferencia más grande o más pequeña, pues un círculo que se transforma en óvalo no aumenta ni disminuye de superficie. En cuanto a la diferencia de un eje al otro, no es mayor de siete leguas: diferencia inmensa para quienes toman partido, pero insensible para quienes sólo consideran las mediciones del globo terrestre por las aplicaciones útiles que de ellas se derivan.[23] No hay ningún geógrafo que pueda hacer notar esta diferencia en una carta, ni un piloto que pueda saber algún día si traza su ruta sobre un esferoide o sobre una esfera.[24] Mas entre las mediciones que hacían oblongo el esferoide, o las que lo hacían achatado, la diferencia era casi de cien leguas;[25] lo que naturalmente interesaba a la navegación.[26]

CAPITULO X

DEL PERIODO DE VEINTICINCO MIL NOVECIENTOS AÑOS, CAUSADO POR LA ATRACCION

Malentendido general en el lenguaje de la astronomía. Historia del descubrimiento de este período, poco favorable a la cronología de Newton. Explicación dada por los Griegos. Indagaciones sobre la causa de este período.

Si la figura de la tierra es un efecto de la gravitación, de la atracción, tan poderoso principio de la naturaleza también es causa de todos los movimientos de la tierra en su curso anual. En dicho curso tiene un movimiento cuyo período se realiza en casi veintiseis mil años; a este período lo llamamos *precesión de los equinoccios*; pero para explicar tal movimiento y su causa, hay que retomar las cosas desde un poco más lejos.[27]

El lenguaje vulgar en materia de astronomía no es más que una perpetua mentira. Se dice que las estrellas hacen su revolución sobre el ecuador, que cada día el sol gira alrededor de la tierra de Oriente a Occidente, que, no obstante, las estrellas, por un movimiento opuesto al sol, giran lentamente de Occidente a Oriente; que los planetas son estacionarios y retrógrados. Nada de todo eso es verdad; se sabe que todas esas apariencias son causadas por el movimiento de la tierra. Pero uno siempre se expresa como si la tierra estuviera inmóvil, y se emplea el lenguaje vulgar porque el lenguaje de la verdad desmentiría demasiado nuestros ojos y los prejuicios aceptados, aún más engañosos que la vista.

Mas nunca los astrónomos se expresan de una manera menos conforme con la verdad que cuando dicen en todos los almanaques: *El sol entra en*

la primavera en un determinado grado de aries; el verano comienza con el signo de cáncer; el otoño con libra. Hace tiempo que todos esos signos ocupan nuevos lugares en el cielo, respecto a nuestras estaciones; y es hora ya de cambiar una manera de hablar que algún día habrá que cambiar mucho: porque de hecho nuestra primavera comienza cuando el sol se eleva con Tauro, nuestro verano con Leo, nuestro otoño con Escorpión y nuestro invierno con Acuario; o, para hablar con más precisión, las estaciones comienzan cuando la tierra en su curso anual se encuentra en los signos opuestos a los signos que se elevan con el sol.

Hiparco fue el primero entre los griegos que se dio cuenta de que el sol en primavera no se levantaba en los signos en los que antes se levantaba.[28] Este astrónomo vivió casi sesenta años antes de nuestra era; tan tardío descubrimiento, que debió realizarse mucho antes, prueba que los griegos no hicieron grandes descubrimientos en astronomía. Se cuenta (mas sólo por un autor que lo afirma en el siglo II) que, en la época del viaje de los Argonautas, el astrónomo *Chirón* fijó el comienzo de la primavera, es decir, el punto donde la eclíptica de la tierra cortaba al ecuador, en el primer grado de Aries. Se cuenta que más de quinientos años después, *Méton* y *Euctemón* observaron que el sol al comienzo del verano entraba en el octavo grado de Cáncer; en consecuencia, el equinoccio de primavera no estaba en el primer grado de Aries, y el sol había avanzado siete grados hacia el Oriente desde la expedición de los Argonautas. Es sobre tales observaciones realizadas quinientos años después por *Méton* y *Euctemón*, un año antes de la guerra del Peloponeso, sobre las que *Newton* ha fundado parcialmente su sistema sobre la reforma de toda la cronología; y del que no puedo abstenerme de exponer aquí mis escrúpulos a la consideración de las personas ilustradas.

Me parece que si *Méton* y *Euctemón* hubiesen encontrado una diferencia tan palpable como la de siete grados entre la posición del sol en el tiempo de *Chirón* y la del tiempo en que vivían, habrían podido descubrir la precesión de los equinoccios y el período que resulta. Bastaba con hacer una simple regla de tres y decir: si el sol recorre casi siete grados en quinientos y tantos años, ¿en cuántos años completará el círculo entero? El período estaba totalmente hallado. Sin embargo, nada pudo conocerse hasta la época de *Hiparco*. Tal silencio me hace pensar que *Chirón* nunca supo tanto como se dice; y que sólo fue después cuando se creyó que había fijado el equinoccio de primavera en el primer grado de Aries. Se imaginó

que lo había hecho porque tenía que haberlo hecho. *Ptolomeo* nada dice en su *Almagesto* y, en mi opinión, esta consideración podría socavar un poco la cronología de *Newton*.

No fue por las observaciones de *Chirón*, sino por las de *Aristille* y de *Méton* comparadas con las suyas propias, por lo que *Hiparco* comenzó a sospechar una nueva vicisitud en el curso del sol. Más de doscientos cincuenta años después de *Hiparco*, *Ptolomeo* comprobó el hecho, mas confusamente. Se creía que esta revolución era de un grado en cien años; y de acuerdo a este falso cálculo se hacía de treinta y seis mil años el gran año del mundo. Mas tal movimiento realmente sólo es de un grado o casi en setenta y dos años, y el período sólo es de veinticinco mil novecientos veinte años, de acuerdo a los cálculos más aceptados. No teniendo ninguna noción del antiguo sistema ya conocido en Asia y renovado por *Copérnico*, los Griegos no podían sospechar que un periodo tal correspondiese a la tierra. Se imaginaban no se qué primer móvil conduciendo a todas las estrellas, los planetas y el sol en veinticuatro horas alrededor de la tierra; también, un cielo de cristal que giraba lentamente en treinta y seis mil años de Occidente a Oriente, y que, no sé cómo, hacía retrogradar las estrellas a pesar de aquel primer móvil; que todos los demás planetas y el sol mismo hacían su revolución anual cada uno en su cielo de cristal; y a esto se le daba el nombre de filosofía.[29] Finalmente, durante el siglo pasado se reconoció que esta precesión de los equinoccios, este largo período, proviene solamente de un movimiento de la tierra, en virtud del cual el ecuador corta cada año a la eclíptica en puntos diferentes como vamos a explicar.

Antes de exponer este movimiento y mostrar su causa, séame permitido indagar la posible explicación de tal período.

Por audaz que sea determinar las razones del Creador, al menos parece excusable el atrevimiento de afirmar que se adivina la utilidad de los otros movimientos de nuestro globo.

Si en su gran orbe recorre por lo menos cada año casi ciento noventa y ocho mil millones de leguas alrededor del sol, tal curso nos produce las estaciones. Si gira en veinticuatro horas sobre sí mismo, la distribución de los días y de las noches es probablemente uno de los objetos de esta rotación ordenada por el amo de la naturaleza. Me parece todavía encontrar otra razón necesaria para el movimiento diario, y es que si la tierra no girara sobre sí misma, no tendría fuerza centrífuga alguna; al ser

atraídas todas sus partes hacia el centro por la fuerza centrípeta, adquirirían una cohesión, una invencible dureza, que haría a nuestro globo estéril.

En una palabra, se comprende fácilmente la utilidad de todos los movimientos de la tierra; mas no he descubierto ninguna utilidad apreciable para el movimiento del polo en veinticinco mil novecientos veinte años; de ese movimiento se concluye que un día nuestra estrella polar no será ya nuestra estrella polar, y está demostrado que no lo ha sido siempre; el equinoccio y los solsticios cambian; en el equinoccio de primavera el sol ya no está para nosotros en Aries, a pesar de lo que afirman los almanaques; está en Tauro y con el tiempo estará en Acuario. ¿Qué más da? Tal cambio no produce nueva estación ni nueva distribución de calor y luz; todo permanece notablemente igual en la naturaleza. ¿Cuál es entonces la causa de que este período de veinticinco mil novecientos años sea tan largo y, al mismo tiempo, tan inútil en apariencia?

En todas las máquinas compuestas que conocemos, siempre hay algún efecto que por sí mismo no produce la utilidad obtenida de la máquina, pero que es consecuencia necesaria de su composición; por ejemplo, en un molino de agua, se pierde una gran parte del agua que cae en los arcaduces; ésta es desparramada por todas partes con el movimiento de la noria y para nada sirve a la máquina, aunque es un efecto indispensable del movimiento de la noria. El ruido causado por un martillo nada tiene de común con los cuerpos que el martillo forja sobre el yunque: mas es imposible que la sacudida del yunque no conlleve tal acción. El vapor exhalado por un líquido que hacemos hervir, sale necesariamente, sin contribuir en nada al uso que damos al licor; y quien juzga necesarios todos esos efectos, aunque no tengan normalmente ninguna utilidad apreciable, juzga bien.

Si nos es permitido por un instante comparar las obras de DIOS con nuestras mortales obras, es posible afirmar que en esta máquina inmensa ha establecido las cosas de tal manera que distintos efectos resulten indispensables, sin que por ello sean de alguna utilidad para nosotros. El período de veinticinco mil novecientos veinte años parece estar precisamente en este caso; es un efecto necesario de la atracción del sol y de la luna.

Para tener una idea precisa del movimiento periódico de veinticinco mil novecientos veinte años, consideremos en principio la tierra (*figura* 3.11) que gira anualmente sobre su gran eje A B, paralelo a sí mismo, alrededor

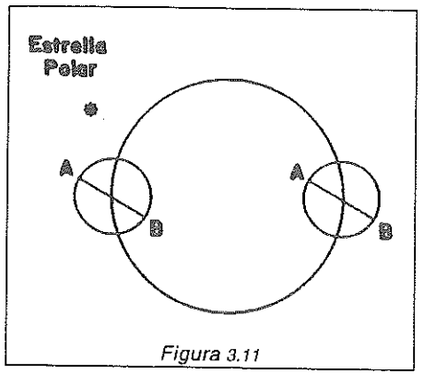

Figura 3.11

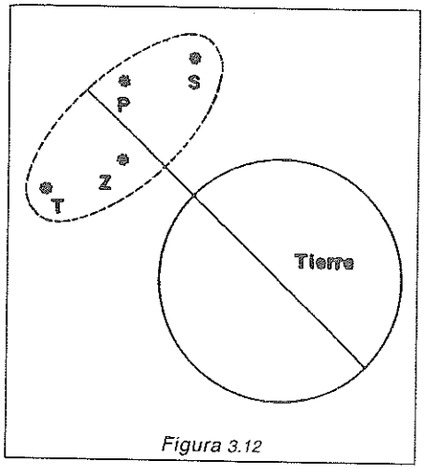

Figura 3.12

del sol. Al moverse de Occidente a Oriente, el eje parece estar siempre dirigido hacia la estrella polar; en la mitad de su curso anual, es decir, si se prefiere, entre la primavera y el otoño, la tierra ha recorrido alrededor de noventa y ocho millones de leguas; pero este espacio no es nada comparado con la inmensa lejanía de esta estrella, que aparecería siempre igual si el eje de la tierra estuviera permanentemente en el mismo sentido A B en que lo observáis. Mas el eje no persiste en tal posición y, al final de un número muy grande de años, el eje supuesto en la línea de la eclíptica no está ya en la situación A B. No mantiene ya su movimiento de paralelismo; ya no está dirigido hacia la estrella polar. La distinta dirección es casi nada comparada con la inmensa extensión de los cielos, pero es grande respecto al movimiento de nuestro polo.

Imaginad pues el pequeño globo de la tierra haciendo su pequeñísima revolución de casi ciento noventa y ocho millones de leguas, apenas un punto en el inmeso espacio lleno de estrellas fijas. Su polo, dirigido a la estrella polar P (*figura* 3.12), al final de setenta y dos años se habrá alejado un grado. En seis mil quinientos años el polo mirará a la estrella T; y al final de casi trece mil años se dirigirá paulatinamente a la estrella que se encuentra en Z, nuestro eje Z irá hacia S y retornará a P, de manera que al cabo de veinticinco mil novecientos veinte años, aproximadamente, tendremos la misma estrella polar que hoy en día.

Después de haber expuesto la figura de la revolución de nuestro eje, será fácil conocer su explicación física. Recordemos que al hablar de las desigualdades en el curso de la luna, *Newton* demostró que todas

dependen de la atracción combinada del sol y de la tierra. Como ya vimos en el capítulo VI, es la atracción, la gravitación, la que cambia continuamente la posición de la luna; recíprocamente, al actuar la atracción del sol y de la luna sobre la tierra, cambian continuamente la posición del globo. No perdamos de vista que la tierra es mucho más elevada en el ecuador que en los polos. Suponed (*figura* 3.13) la tierra en T, la luna en L, el sol en S. Si la tierra y la luna giraran siempre en el plano del ecuador, se comprobaría que la elevación de las tierras D E, sería siempre igualmente atraída; pero cuando la tierra no se encuentra en los equinoccios, la parte elevada E, por ejemplo, es atraída por el sol y por la luna, en la posición que supuse. Entonces ocurre lo que debe ocurrirle a una bola que, cargada de forma desigual, rodara sobre un plano: vacilaría, se inclinaría. Imaginad la parte D inclinada hacia E sin que al mismo tiempo el polo terrestre P cambie de posición, yendo de P a Z; pero el polo no puede inclinarse de P a Z sin que el ecuador de la tierra mire a una parte del cielo distinta a la que miraba anteriormente; así, los puntos del equinoccio y del solsticio se dirigen alternativamente, al final de los setenta y dos años, con una diferencia de un grado hacia el cielo; así, el equinoccio aparecería antaño cuando el sol pareciese estar en el primer punto de Aries, es decir, cuando la tierra entraba realmente en Libra, signo opuesto a Aries, y el mismo equinoccio llega en nuestros días cuando el sol parece estar en Tauro, es decir, cuando la tierra está en Escorpión, signo opuesto a Tauro. En consecuencia, todas las constelaciones han cambiado de lugar; Tauro se encuentra en donde estaba Aries, Géminis donde estaba Tauro.

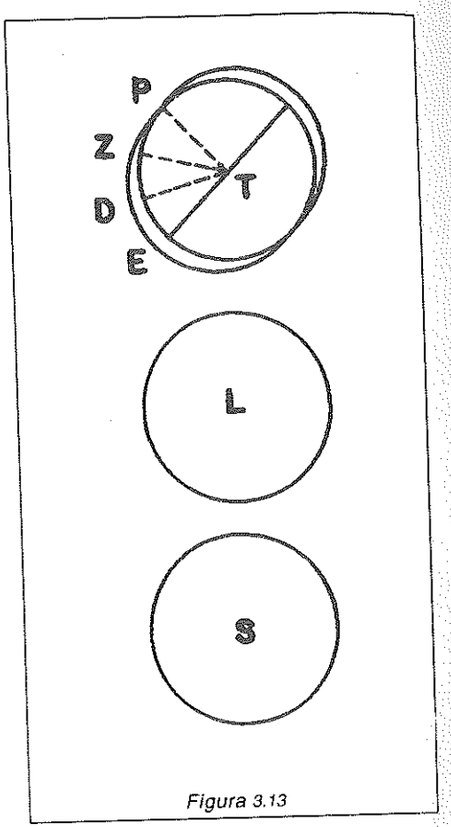

Figura 3.13

La gravitación, única causa de la revolución de veinticinco mil novecientos veinte años de nuestro globo, es también la causa de la revolución lunar de diecinueve años, denominada *ciclo lunar*, y de la revolución de las ápsides de la luna en nueve años. Al girar la luna alrededor de la tierra, le ocurre precisamente lo mismo que a la elevación de nuestro globo por el ecuador; de suerte que se puede considerar la luna como si fuera una elevación, un anillo de la tierra; y, paralelamente, podemos considerar la prominencia del ecuador como un anillo de varias lunas.

Está claro que el sol debe tener más influencia que la luna en el movimiento de la tierra que produce la precesión de los equinoccios. La acción del sol es, en ese caso, a la de la luna, precisamente como la de la luna es a la del sol en las mareas.[30]

El lector sospechará sin duda que como los mares se elevan en el ecuador, al actuar el sol y la luna sobre el ecuador, actuarán más apreciablemente sobre las mareas. La contribución del sol al movimiento de la precesión de los equinoccios es aproximadamente como tres, mientras que la de la luna es como uno. En las mareas, por el contrario, el sol únicamente actúa como uno, y la luna como tres; sorprendente cálculo reservado a nuestro siglo, y perfecta armonía en las leyes de la gravitación que toda la naturaleza conspira para demostrar.

CAPITULO XI

DEL FLUJO Y DEL REFLUJO; QUE ESTE FENOMENO ES UNA CONSECUENCIA NECESARIA DE LA GRAVITACION

Los supuestos torbellinos no pueden ser la causa de las mareas: prueba. La gravitación es la única causa evidente de las mareas.

Si alguna vez los torbellinos de materia sutil tuvieron a su favor cierta apariencia de verosimilitud, es en el flujo y reflujo del Océano. Si las aguas se hunden en los trópicos cuando se elevan en los polos, es porque el aire, se dijo, las presiona en los trópicos. Pero, ¿por qué allí presiona más el aire que en otra parte? porque él mismo es más presionado, porque el espacio de materia sutil se encoge debido al tránsito de la luna. Para colmo de verosimilitud sucedía incluso que las mareas son más altas con luna nueva y luna llena que en los cuartos, y que además el regreso de las mareas en cada meridiano sigue aproximadamente al ciclo de la luna en cada meridiano. Sin embargo, lo que parecía tan verosímil era de hecho totalmente imposible. Ya se ha mostrado que el torbellino de materia sutil no puede existir, pero si existiera a pesar de todas las contradicciones que lo destruyen, de ninguna manera podría causar las mareas.

1º. En la hipótesis del supuesto torbellino de materia sutil, todas las líneas presionarían igualmente hacia el centro de nuestro globo; así la luna debería presionar lo mismo en los cuartos que en el pleno, suponiendo que presionara; luego, nunca habría mareas.

2º. Por una razón igualmente concluyente, ningún cuerpo arrastrado por un fluido cualquiera podría, ciertamente, presionar al fluido más de como lo haría un volumen equivalente de dicho fluido; un cuerpo en equilibrio en el agua ocupa un volumen equivalente de agua. Echar en un vivero cien pies cúbicos de agua de más, o bien cien peces que

nadan entre dos aguas, cada uno de un pie cúbico; o echar un solo pez con noventa y nueve pies de agua de más en el vivero, es absolutamente lo mismo: en ambos casos el fondo del vivero soportará la misma carga; igual ocurriría si hubiese una luna por encima de nuestros mares o cien lunas; da absolutamente lo mismo en el sistema imaginario de los torbellinos y del pleno; cada una de tales lunas debe contarse como una cantidad equivalente de materia sutil.

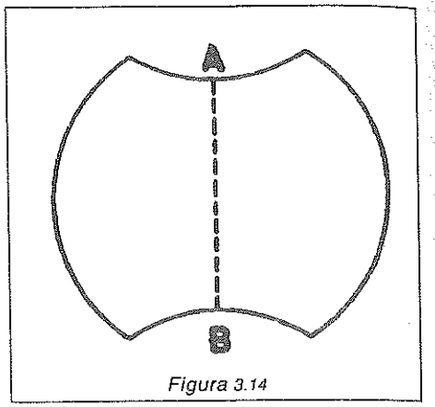

Figura 3.14

3º. El flujo, en la circunferencia del océano, llega en un mismo meridiano al mismo tiempo en puntos opuestos; el mar (*figura* 3.14) se hunde simultáneamente en A y en B. Ahora bien, suponiendo que la luna pudiera presionar el pretendido torrente de materia sutil en el Océano A, entonces las aguas se elevarían en B en lugar de hundirse; porque la gravedad en dirección al centro en este sistema es un efecto de la supuesta materia sutil. Por otra parte, el fluido imaginario que presiona las aguas de la tierra en A, debe elevar las aguas sobre las cuales presiona menos; pero ¿sobre qué aguas presionará menos que en B?

4º. Si tan quimérica presión tuviera lugar, ¿no haría subir el mercurio del barómetro, el aire presionado de los trópicos? Mas, por el contrario, siempre está un poco más bajo en la zona tórrida que hacia los polos. Lo que parecía tan verosímil se hace pues imposible al examinarlo.

La gravitación, un principio tan reconocido, tan demostrado, una fuerza inherente a todos los cuerpos, se manifiesta aquí de una manera muy notable: es la causa evidente de todas las mareas; esto es lo fácil de comprender. La tierra gira sobre sí misma; las aguas que la rodean giran con ella; al rotar un esferoide sobre su eje, es el círculo mayor el que tiene más movimiento; la fuerza centrífuga aumenta a medida que el círculo es mayor. El círculo A (*figura* 3.15) experimenta más fuerza centrífuga que los círculos B; las aguas del mar se elevan, pues, hacia el ecuador tan solo por el efecto de dicha fuerza centrífuga; y no solamente las aguas, sino que

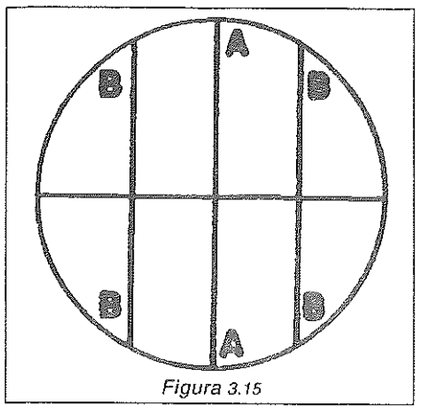

Figura 3.15

necesariamente las tierras próximas al ecuador también se elevarán.

La fuerza centrífuga arrastraría todas las partes de la tierra y del mar si su antagónica fuerza centrípeta no las atrajera hacia el centro de la tierra; ahora bien, al tener menos fuerza centrífuga, los mares que se encuentran más allá de los trópicos, hacia los polos, como giran en un círculo mucho más pequeño, obedecen preferentemente a la fuerza centrípeta; dichos mares gravitan entonces más hacia la tierra; presionan al mar océano que se extiende hacia el ecuador y, con tal presión contribuye un poco a la elevación del mar en la línea. Este es el estado en que se encuentra el Océano, por la sola combinación tan solo fuerzas centrales. Ahora, ¿qué sucederá debido a la atracción de la luna y del sol? La constante elevación de las aguas entre los trópicos debe aumentar más, si dicha elevación se sitúa frente a un globo que la atrae. Como la región de los trópicos de nuestra tierra se halla siempre frente al cielo y la luna, entonces la elevación producida por el sol y la luna debe provocar algún efecto en los trópicos.

1. Si el sol y la luna ejercen una acción sobre las aguas de aquellas regiones, tal acción debe ser mayor cuando la luna está frente al sol, es decir en oposición y en conjunción, en la luna nueva y en luna llena, que en los cuartos; porque al estar más oblicua que el sol en los cuartos, debe actuar por un lado mientras que el sol actúa por el otro; sus acciones respectivas deben estorbarse, disminuyendo una a la otra; igualmente las mareas son más elevadas durante la sizigia que en las cuadraturas.
2. Al encontrarse la luna nueva del mismo lado que el sol, debe actuar más sobre la tierra pues la atrae más o menos en el mismo sentido que el sol. Permaneciendo inalterado lo demás, las mareas deben ser, pues, un poco más fuertes durante la conjunción que en la oposición, en la luna nueva que en la luna llena; y es lo que se experimenta.
3. Las mareas más altas del año deben producirse en los equinoccios. Trazad (*figura* 3.16) una línea desde el sol que pase cerca de la luna L

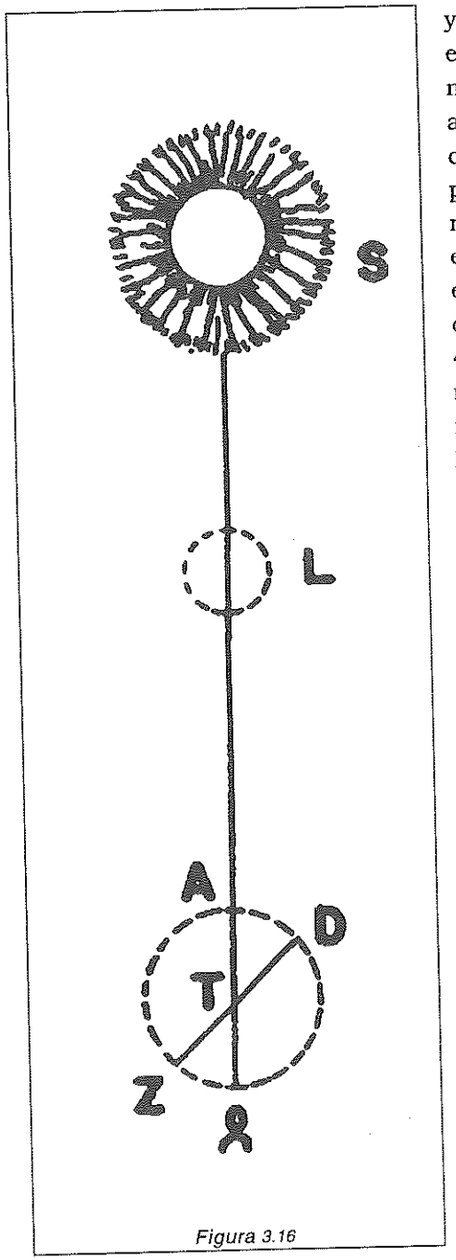

Figura 3.16

y llegue al ecuador de la tierra. El ecuador A Q es atraído casi en la misma línea por los globos; las aguas deben elevarse más que en cualquier otra época; y como sólo pueden elevarse por grados, su mayor elevación no se produce exactamente en el momento del equinoccio, sino en D Z, uno o dos días después.

4. Si en virtud de tales leyes las mareas con luna nueva son las más altas del año en el equinoccio, las mareas en las cuadraturas después del equinoccio deben ser las más bajas del año, pues el sol está todavía más o menos sobre el ecuador; mientras la luna se encuentra ya muy lejos, como puede verse porque en ocho días la luna L (*figura* 3.17) estará por R. Luego al Océano le ocurre lo mismo que a un peso tirado por dos potencias que actúan perpendicularmente a la vez sobre él, y que sólo actúan oblicuamente: tales potencias no tienen ya la misma fuerza; el sol no suma a la luna la fuerza que le añadía, cuando la luna, la tierra y el sol estaban casi en la misma perpendicular.

5. Por las mismas leyes debe haber mareas más fuertes justo antes del equinoccio de primavera que después y, al contrario, más fuertes inmediatamente después del equinoccio de otoño que antes: porque si la acción del sol en los equinoccios

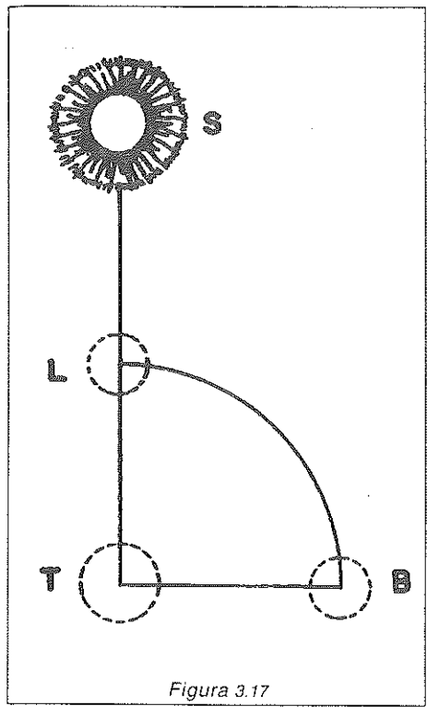

Figura 3.17

se suma a la acción de la luna, el sol debe aportar más acción cuando estemos más cerca de él; ahora bien, estamos más cerca del sol antes del equinoccio del veintiuno de marzo que después y, al contrario, estamos más cerca del sol después del veintiuno de septiembre que antes de dicha época; luego, las mareas más altas, en un mismo año, se producirán antes del equinoccio de primavera y después del de otoño, tal como confirma la experiencia.

Habiendo demostrado que el sol conspira con la luna para las elevaciones del mar, falta saber cómo de grande es su aportación. *Newton* y otros han calculado que la elevación media en mitad del Océano es de doce pies; el sol lo eleva dos y cuarto, y la luna ocho y tres cuartos.

Por lo demás, las mareas del mar océano, así como la precesión de los equinoccios y el período de la tierra de veinticinco mil novecientos años, parecen ser un efecto necesario de las leyes de la gravitación, sin que pueda establecerse su causa final; pues afirmar, como tantos autores, que DIOS nos da las mareas para la comodidad del comercio, es olvidar que los hombres sólo comercian tan lejos por el Océano desde hace doscientos cincuenta años: todavía es más precipitado afirmar que el flujo y el reflujo hacen más ventajosos los puertos; y aunque fuese cierto que las mareas del Océano son útiles al comercio, ¿debería afirmarse que DIOS las envía con tal propósito? ¿Cuántos siglos subsistieron la tierra y los mares antes de que pusieramos la navegación al servicio de nuestras nuevas necesidades? ¿Acaso, diría un filósofo ingenioso, porque las antiparras fueron finalmente inventadas, al cabo de un número prodigioso de años, debe afirmarse que DIOS hizo nuestra nariz para llevar anteojos?. Los mismos autores también aseguran que el flujo y el reflujo del mar fueron

establecidos por DIOS, por miedo a que se estancara y se corrompiese; olvidan además que el Mediterráneo no se corrompe, aunque nunca tenga mareas. Cuando se osa dar así las razones de todo lo que DIOS ha hecho, se cae en extraños errores. Quienes se limitan a calcular, a pesar, a medir, se equivocan con frecuencia, ¿qué será de quienes tan solo quieren adivinar?[31]

No llevaremos ya más lejos las investigaciones sobre la gravitación.[32] Tal doctrina era todavía muy reciente en Francia, cuando la expuso el autor en 1736. Ya no lo es; es necesario conformarse con los tiempos. Cuanto más ilustrados han sido los hombres, menos necesario es escribir.

CAPITULO XII

CONCLUSION[33]

Concluyamos retomando la sustancia de todo lo que hemos afirmado en esta obra:

1º Que existe un poder activo que imprime en todos los cuerpos una tendencia, los unos hacia los otros.

2º Que respecto a los globos celestes, tal poder actúa en razón inversa al cuadrado de las distancias al centro del movimiento, y en razón directa a sus masas; y, a tal poder se denomina *atracción* respecto al centro, y *gravitación* respecto a los cuerpos que gravitan hacia dicho centro.

3º Que el mismo poder hace descender los móviles en nuestra tierra, tendiendo a su centro.

4º Que la misma causa opera entre la luz y los cuerpos, como hemos visto, sin que se sepa en qué proporción.[34]

Con respecto a la causa de tal poder, tan inútilmente buscada por *Newton* y por todos quienes lo siguieron, ¿qué podemos hacer mejor que traducir lo que *Newton* afirmó en la última página de sus *Principios*? Veamos lo que explica filósofo tan sublime como profundo geómetra. "Hasta aquí he mostrado la fuerza de la gravitación por los fenómenos celestes y por los del mar; pero en ninguna parte les he asignado la causa. Tal fuerza proviene de un poder que penetra hasta el centro del sol y de los planetas, sin perder nada de su actividad, y que opera, no según la cantidad de superficie en las partículas de materia, como ocurre con las causas mecánicas, sino según la cantidad de materia sólida; y su acción se extiende a distancias inmensas, disminuyendo siempre exactamente como el cuadrado de las distancias, etc." Es afirmar muy claramente, muy expresamente, que en absoluto la atracción es un principio mecánico. Y

algunas líneas después afirma: "Nunca establezco hipótesis, *Hypotheses non fingo.* Pues lo que jamás puede deducirse de los fenómenos es una hipótesis; y las hipótesis, ya sean metafísicas, ya sean físicas, ya sean suposiciones de cualidades ocultas, ya sean suposiciones mecánicas, no tienen cabida en la filosofía experimental".

No afirmo que este principio de gravitación sea el único resorte de la física; probablemente hay otros muchos secretos que no hemos podido arrancar a la naturaleza, y que conspiran con la gravitación para mantener el orden del universo. La gravitación, por ejemplo, no da razón ni de la rotación de los planetas sobre sus propios centros, ni de la fijación de sus orbes en un sentido antes que en otro, ni de los efectos sorprendentes de la elasticidad, de la electricidad, del magnetismo. Tal vez llegará el día en que se tendrá un cúmulo suficiente de experiencias para reconocer algunos otros principios ocultos. Todo nos dice que la materia tiene muchas más propiedades de las que conocemos. Apenas estamos al borde de un inmenso océano. ¡Cuántas cosas quedan por descubrir! Pero también, ¡cuántas cosas estarán siempre fuera de la esfera de nuestros conocimientos!

Fin de la Filosofía de Newton

NOTAS A LA TERCERA PARTE

1. Como Cohen ha señalado, las críticas de Newton al sistema de los torbellinos siempre se mantuvieron en los términos de una prudencia y respeto por Descartes. Fueron los newtonianos y neocartesianos de la tercera década del setecientos quienes adoptaron posiciones dogmáticas y maniqueas; así, lo que para Newton eran dudas acerca de algunos aspectos de la física cartesiana, Voltaire y otros lo toman como pruebas del principio de gravitación universal. Este abuso, también quiso Mme. du Chatêlet recriminárselo a su compañero, considerando un exceso "... convertir todas las objeciones contra los torbellinos en demostraciones a su favor." (*Institutions*, p. 333).

2. Parece claro que el contenido de este capítulo está inspirado en el capítulo I del libro II del *A View...* de H. Pemberton, quien, como Voltaire, leyó muy atentamente el "Prefacio" de Cotes a la 2ª edición de los *Principia* y, desde luego, las defensas de Newton, convertidas en ataques a Descartes, de la edición latina hecha por Clarke de la *Optica*. Voltaire también conocía la traducción francesa de la *Optica* realizada por Coste y publicada en Amsterdan (1720) y dos años más tarde en París. Todos estos textos respondían en términos muy sensatos a la acusación tópica de que Newton había restituido las causas ocultas en física; venían a decir que ignorar, por falta de estudios y experimentos, la causa de un fenómeno, no era equivalente a suponer que había una causa oculta. Pemberton (p. 23) añadía que tal circunstancia era característica, y por tanto a nadie debía extrañar, de las ciencias naturales: "Las demostraciones en filosofía natural no pueden ser absolutamente concluyentes, como en las matemáticas... en el conocimiento natural el tema de nuestra contemplación está fuera de nosotros, y por ello no puede ser completamente conocido; más aún nuestro método de razonar no puede alcanzar la perfección absoluta. Sólo se nos exige caminar por la buena senda entre los procedimientos del método conjetural, contra el que he hablado ampliamente; y pidiendo demostraciones rigurosas, reduciremos toda la filosofía a mero escepticismo, y excluiremos cualquier proyecto de producir algún progreso en el conocimiento de la naturaleza". En fin, se insinuaba una visión experimentalista e instrumental de la ciencia.

3. O mejor, perpendicularmente al eje de rotación o al centro del círculo descrito (DRESDE).

4. *Principia, II*, prop. 52.

5. La demostración del vacío era imprescindible para sustentar una visión dinámica del universo, pues, en tal supuesto, se hacía necesario introducir la noción de fuerza como causa y explicación del movimiento. Y este es el camino seguido por Voltaire para introducirse e introducir al lector al newtonismo.

6. No se puede considerar absolutamente rigurosa la demostración de la imposibilidad del pleno, porque el movimiento sería muy posible en un fluido

indefinido expansible cuya densidad variara según alguna ley, ya que el peso, la acción, la resistencia de un columna infinita de dicho fluido sería expresada mediante una cantidad finita. Es entonces completamente imposible afirmar algo preciso sobre esta cuestión, en tanto no conozcamos la naturaleza de los fluidos expansibles y la causa de su expansibilidad. Sólo se puede decir que es imposible concebir cómo la misma substancia puede ocupar un espacio doble al que ocupaba sin que se forme un espacio vacío entre sus partes (KEHL).

7. La edición de 1745, adoptada por los editores de KEHL, difiere en su comienzo del capítulo III de los otras tres que venimos citando.

"Galileo, restaurador de la razón en Italia, descubrió esta importante proporción: los cuerpos graves que descienden a tierra (abstrayendo la pequeña resistencia del aire) tienen un movimiento acelerado en una proporción de la que trataré de dar una idea nítida.

Un cuerpo abandonado a sí mismo desde lo alto de una torre recorre en el primer segundo de tiempo un espacio que se ha encontrado de 15 pies de París, según los descubrimientos de Huygens, inventor en matemáticas. Antes de Galileo, se creía que los cuerpos habían recorrido en dos segundos tan sólo dos veces el mismo espacio, y que por tanto harían 150 pies en diez segundos y 900 en un minuto; era la opinión general, y aún muy verosímil incluso para quien no la examinase de cerca; sin embargo, es cierto que un cuerpo habría recorrido en un minuto un camino de 54.000 pies, y 216.000 pies en dos minutos.

Vemos como este progreso, que sorprende en primer lugar a la imaginación, se realiza necesariamente y con simplicidad. Un cuerpo se precipita por su propio peso; cualquiera que sea la fuerza que lo anima a descender 15 pies en el primer segundo, actúa del mismo modo en todos los instantes, pues, no habiendo cambiado nada, es preciso que siempre sea la misma; así, en el segundo segundo, el cuerpo tendrá la fuerza que adquirió en cada instante del primer segundo, y la fuerza que experimenta en cada instante del segundo. Ahora bien, debido a la fuerza que lo animaba en el primer segundo, recorría 15 pies: luego, tiene esta fuerza cuando desciende el segundo segundo. Además de esto, tiene la fuerza de los otros 15 pies que adquiría conforme descendía durante el primer segundo: esto hace 30; si nada cambia, es necesario que, durante el segundo segundo, tenga además la fuerza para recorrer 15 pies: esto supone 45; por la misma razón, el cuerpo recorrerá 75 pies en el tercer segundo, y así sucesivamente. De donde sigue:

1º Que el móvil adquiere, en tiempos iguales infinitamente pequeños, grados infinitamente pequeños de velocidad que aceleran su movimiento hacia el centro de la Tierra mientras no encuentre resistencia.

2º Que las velocidades que adquiere son como los tiempos que emplea en descender.

3º Que los espacios que recorre son como los cuadrados de los tiempos o de las velocidades.

4º Que la progresión de los espacios recorridos por el móvil es como los números impares 1,3,5,7. Dicho conocimiento necesario del fenómeno que ocurre en todo momento a nuestro alrededor será hecho evidente incluso para quienes estarían inicialmente turbados por todas estas relaciones; sólo es necesario un poco de atención al observar la pequeña tabla que cada lector puede aumentar a su gusto.

TIEMPOS de caida del móvil	ESPACIOS que recorre en cada tiempo	Los ESPACIOS RECORRIDOS son como los cuadrados de los tiempos	NUMEROS IMPARES que marcan la progresión del movimiento y de los espacios recorridos
1er segundo 1 velocidad	*El cuerpo desciende 15 pies*	*El cuadrado de uno es uno: el cuerpo recorre 15 pies*	*Una vez 15*
2º segundo 2 velocidad	*El cuerpo recorre 45 pies*	*El cuadrado de 2 segundos o de 2 velocidades es 4: 4 veces 15 son 60; luego el cuerpo recorre 60 pies; es decir 15 en el primer segundo, y 45 en el segundo.*	*Tres veces 15; así la progresión es 1 a 3 en este segundo.*
3er segundo 3 velocidad	*El cuerpo recorre 75 pies*	*El cuadrado de 3 segundos 9; ahora bien, 9 veces 15 son 135; luego el cuerpo recorre 135 pies en 3 segundos*	*Cinco veces 15 pies; así la progresión es visiblemente según los números impares 1, 3, 5, etc.*

Está claro que el poder que siempre actúa del mismo modo en todo instante, y que nunca pierde su fuerza, debe también aumentar su efecto, hasta que otra fuerza cualquiera se le oponga.

Por esta pequeña tabla, bastará un vistazo para probar que al final de un minuto, el móvil habrá recorrido 54.000 pies, porque 3.600 pies son el cuadrado de los 60 segundos; ahora bien, 15 multiplicado por el cuadrado de 60, que es 3.600, da 54.000.

De este bello descubrimiento de Galileo, nacía una cuestión nueva. Se decía, ¿descenderá siempre un cuerpo alrededor..."

8. Un extranjero le preguntó un día a *Newton* cómo había descubierto las leyes del sistema del mundo: *Pensando en ello sin descanso*, respondió. Este es el secreto de todos los grandes descubrimientos: el genio en las ciencias sólo depende de la intensidad y duración de la atención de la que es capaz la cabeza de un hombre (KEHL).

9. Las ediciones de 1738 añadían la siguiente frase. "Es así como un cuerpo movido por la línea horizontal GE y según la línea perpendicular GF, obedece en cada instante a estas dos fuerzas recorriendo la diagonal GH (figura 3.18).

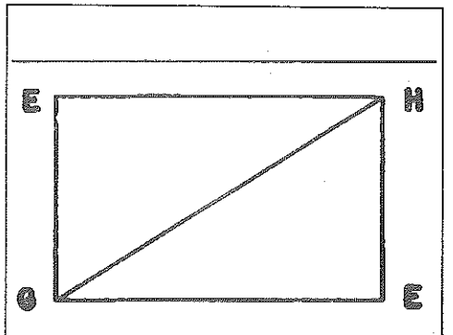

Figura 3.18

10. En las ediciones de 1738 y 1741 se podía leer, además, lo siguiente: "Se encontrará la demostración ampliada en notas". Y, en efecto, dicha demostración era como sigue:

"DEMOSTRACION. *Que todo móvil atraído por una fuerza centrípeta describe en una línea curva áreas*

iguales en tiempos iguales (figura 3.19).

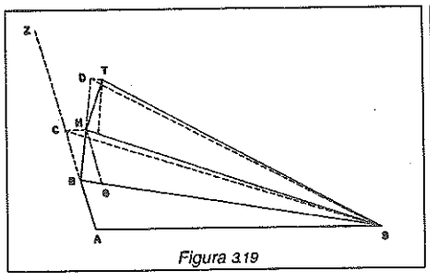

Figura 3.19

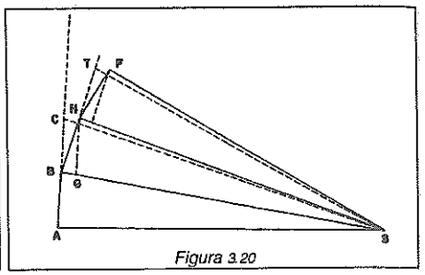

Figura 3.20

Todo cuerpo se mueve con movimiento uniforme cuando no hay ninguna fuerza aceleratriz; por tanto el cuerpo A, movido en línea recta de A a B en el primer tiempo, irá en tiempos similares de B a C, de C a Z. A dichos espacios iguales, la fuerza centrípeta da al cuerpo en B, en el segundo tiempo, un movimiento cualquiera, y el cuerpo en lugar de ir a C, va a H: ¿cuál es la diferencia de dirección respecto a BC? Trazad las cuatro líneas CH, GB, CB, GH: el móvil ha seguido la diagonal BH del paralelogramo.

Ahora bien, los dos lados BC y BH del paralelogramo están en el mismo plano que el triángulo ABS; luego, las fuerzas están dirigidas hacia GS y hacia la recta ABCZ.

Los triángulos SHB y SCB son iguales, pues tienen la misma base SB y están entre las paralelas HC y GB; pero SB, AS y CB son iguales al tener la misma base y la misma altura; por tanto, SB, AS y HB también son iguales.

Esto lo decimos también de los triángulos STH y SDH; entonces, todos estos triángulos son iguales. Disminuid la altura infinitamente, el cuerpo describirá en cada instante infinitamente pequeño la curva en la que todas las líneas tienden al punto S; luego, en todos los casos las áreas de estos triángulos son proporcionales a los tiempos.

DEMOSTRACION. *Que todo cuerpo, en una curva que describe triángulos iguales alrededor de un punto, es movido por la fuerza centrípeta alrededor de dicho punto* (figura 3.20).

Que esta curva sea dividida en partes iguales AB, BH Y HF, infinitamente pequeñas, distintas en tiempos iguales, imaginemos que la fuerza actúa en los puntos BHF; prolonguemos AB hasta C, BH hasta T: el triángulo SAB será igual al triángulo SBH, pues AB es igual a BC: luego SBH es igual a SBC; entonces la fuerza en BG es paralela a CH; pero la línea BG, paralela a CH, es la línea BGS que tiende al centro. El cuerpo en H está dirigido por la fuerza centrípeta según una línea paralela a FT, igual que en el punto B era dirigida por la misma fuerza según la línea paralela CH; ahora bien la línea paralela a CH tiende a S; así, la línea paralela a FT tenderá también a S; luego, todas las líneas trazadas así tenderán al punto S.

Imaginad ahora en S triángulos parecidos a los anteriores; cuanto más pequeños sean dichos triángulos, más se aproximarán los triángulos de S a un punto físico, donde el punto S será el centro de fuerzas".

11. Hasta principios de los años veinte las tres principales dificultades alegadas contra la teoría cartesiana de la gravitación eran su incompatibilidad con las leyes de Kepler, las irregularidades en el movimiento de la Luna y la explicación del movimiento de los cometas. A estos temas dedicará Voltaire amplio espacio de la parte tercera de los *Elementos*. En los capítulos V y VI abordará las dos primeras

cuestiones; el tema de los cometas, fue tratado en el capítulo XIII en las ediciones de 1738 y 1741, aunque sería suprimido a partir de 1745 debido a las múltiples faltas que cometía. El desarrollo histórico de estas cuestiones en Francia es tratado en P. Brunet, *L'introduction...*, pp. 10 ss. (Kepler), pp. 29 ss. (cometas) y pp. 39 ss. (movimiento de la Luna y mareas).

12. En tiempos de *Kepler* no se tenía ninguna idea sobre los métodos para calcular el movimiento en líneas curvas. El supuso que los planetas describían elipses alrededor del sol porque, al ser atraídos por este astro, adquirían un movimiento de progresión. Lo llamó movimiento animal porque no sabía que un cuerpo que no encuentra ningún obstáculo continúa moviéndose indefinidamente en línea recta; creía que en ese caso necesitaba una fuerza nueva de vez en cuando, y suponía que esta fuerza residía en los mismos planetas. Esta segunda hipótesis no es ridícula como la de los lados amigos y enemigos (KEHL).

13. Cita aquí Voltaire una conocida expresión de Halley.

14. Se denomina perturbaciones de un planeta a los cambios causados por la atracción de los cuerpos celestes en la órbita que ese planeta habría descrito, si no hubiese sido atraído por el sol o el planeta principal. *Newton* no pudo dar un método suficientemente exacto para calcular las perturbaciones. Tal método sólo fue encontrado casi sesenta años después de la publicación del libro de los principios, por tres grandes geómetras del continente, los Señores *d'Alembert, Euler* y *Clairaut* (KEHL).

15. En las ediciones de 1738 y 1741, este capítulo añadía un largo párrafo final.

"Nada es más fácil que conocer la magnitud de cualquier astro si conocemos su diámetro, porque el producto de la circunferencia del círculo máximo por el diámetro de la superficie del astro, y el tercio del producto de dicha superficie por el radio da el volumen.

Pero conociendo dicho volumen, nada se conoce de la masa, es decir de la cantidad de materia que contiene el astro: sólo la podemos conocer mediante el descubrimiento admirable de las leyes de la gravitación.

1º Cuando se dice *densidad, cantidad de materia*, en un globo cualquiera, se entiende que la materia de este globo es homogénea; por ejemplo, que cualquier pie cúbico de tal materia pesa igual.

2º Todo globo atrae en proporción directa a su masa; así, permaneciendo todo igual, un globo que tenga diez veces más masa atraerá diez veces más que otro cuerpo diez veces menos masivo a la misma distancia.

3º Es absolutamente necesario considerar el volumen, la circunferencia de dicho globo cualquiera; porque, cuanto más grande es la circunferencia, mayor es la distancia al centro, y atrae en razón inversa al cuadrado de dicha distancia. Ejemplo: si el diámetro del planeta A es cuatro veces mayor que el del planeta B, teniendo ambos la misma materia, el planeta A atraerá los cuerpos a su superficie 16 veces menos que el planeta B; y lo que pesa una libra en el planeta A, pesará 16 libras en el planeta B.

4º Es preciso conocer ante todo en cuánto tiempo los móviles atraídos por el globo del que se busca la densidad, hacen su revolución alrededor de dicho globo; porque, como lo vimos en el capítulo XIX (Tercera Parte, cap. IV en nuestra edición), todos los cuerpos rotando alrededor de otro gravitan tanto más cuanto más rápido giran; ahora bien, sólo gravita más por una de estas razones: o porque se aproxima más al centro que lo atrae, o porque este centro atrayente contiene más materia.Entonces, si quiero saber la densidad del sol respecto a la densidad de nuestra tierra, debo comparar los tiempos de revolución de un planeta como

Venus alrededor sol con la distancia de la luna a la tierra.

5º Veamos cómo procedo. La cantidad de materia del sol respecto a la tierra será como el cubo de la distancia al centro del sol es al cubo de la luna al centro de la tierra (tomando la distancia de Venus al sol doscientas cincuenta y siete veces más grande que la de la luna a la tierra); como lo será la razón inversa del cuadrado del tiempo periódico de Venus alrededor del sol, respecto al cuadrado del tiempo periódico de la luna alrededor de la tierra.

Hecha esta operación, supongamos también que la magnitud del sol respecto a la tierra es como un millón a uno, y redondeando las cuentas encontraréis que el sol, un millón de veces más grueso que la tierra, sólo tiene aproximadamente doscientas cincuenta mil veces más materia. Suponiendo esto, quiero conocer qué proporción hay entre la fuerza de la gravitación en la superficie del sol, y dicha fuerza en la superficie de la tierra; en una palabra, quiero saber cuánto pesa en el sol lo que aquí pesa una libra.

Para conseguirlo, digo: la fuerza de tal gravitación depende directamente de la densidad de los cuerpos atrayentes y de la distancia desde el centro de los globos a los cuerpos que gravitan hacia dichos globos; ahora bien, encontrándose los cuerpos pesantes en la superficie del globo, su distancia será precisamente el radio del globo; pero el radio del globo de la tierra es al del sol como 1 a 100, y la densidad respectiva de la tierra y del sol es como 4 a 1. Digamos entonces: 100, radio del sol, multiplicado por 1, es a 4, densidad de la tierra multiplicada por uno, como la gravedad de los cuerpos en la superficie del sol será a la gravedad de tales cuerpos en la superficie de la tierra; la relación 100 a 4, reducida a sus términos más pequeños, es 21 a 1: luego una libra pesa 25 libras en la superficie del sol; es lo que buscaba.

No podemos tener las mismas nociones de todos los planetas, porque no tienen lunas, no tienen satélites: faltando los planetas de comparación, no pueden ser sometidos a nuestras investigaciones: así, nada sabemos de la relación que existe entre la gravitación de Mercurio, Marte, Venus y nosotros, aunque conocemos la de los otros planetas.

Daré una pequeña teoría de todo nuestro sistema planetario, tal como los descubrimientos de Newton permiten conocerlo; quienes quieran darse una razón más profunda de tales cálculos, leerán al mismo Newton, o a Gregory o al señor de Gravesande. Tan solo es preciso advertir que de acuerdo con las proporciones descubiertas por Newton, nos hemos adherido al cálculo astronómico del Observatorio de París. Cualquiera que sea el cálculo, las proporciones y las pruebas son idénticas.

16. Estas determinaciones provienen de los principios matemáticos. Observaciones más exactas han indicado con posterioridad que era necesario hacer algunos cambios en los elementos adoptados por *Newton* y, en consecuencia, en sus diferentes resultados (KEHL).

17. Solamente mediante el cálculo de las perturbaciones o por el movimiento de los ejes de los planetas, (mirad el capítulo V.) es posible conocer las masas de los planetas. Por ejemplo, para conocer la de *Venus*, además de la proporción entre la masa de la luna y la del sol, se requeriría conocer su acción sobre el movimiento de la tierra, encontrar la alteración producida por *Venus* en la órbita terrestre; y conociendo la que se obtiene de los fenómenos, se tendría la masa de *Venus*, suponiéndola tal como debe ser para producir esa alteración.

Una vez encontrada esta masa, al comparar la observación con la teoría en un instante dado, la teoría daría las tablas de las perturbaciones causadas por *Venus*, y la correspondencia de estas tablas con las observaciones probaría la certeza de la ley general del sistema del mundo (KEHL).

18. Las ediciones de 1738 añadían un epígrafe destinado a nuestro planeta. Su texto era el siguiente:

LA TIERRA

"Después de Venus está nuestra tierra, situada aproximadamente a 30 millones de leguas del sol al menos en distancia media.

Es alrededor de un millón de veces más pequeña que el sol; gravita hacia él y gira en torno suyo en una elipse de 365 días, 5 horas y 48 minutos, y recorre al menos 180 millones de leguas al año.

La elipse que recorre está muy deformada por la acción de la luna, y mientras que el centro común de la tierra y de la luna describe una elipse verdadera, la tierra describe de hecho una curva así en cada lunación (figura 3.21).

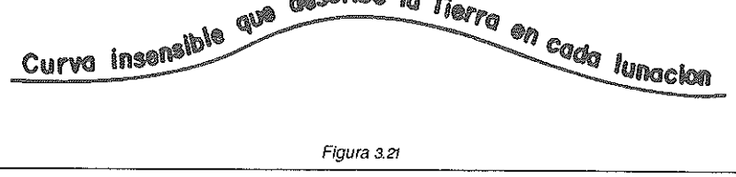

Figura 3.21

El movimiento de rotación sobre su eje, de occidente a oriente, produce un día de 23 horas y 56 minutos. Este movimiento no es en absoluto el de la gravitación; ante todo parece imposible recurrir aquí a la razón suficiente de la que habla el gran filósofo Leibnitz. Es preciso reconocer claramente que los planetas y el sol podrían girar de oriente a occidente; luego es necesario convenir que tal rotación de occidente a oriente es consecuencia de la voluntad del Creador y que dicha voluntad es la razón única de tal rotación.

La tierra tiene otro movimiento que realizan sus polos en 25.920 años; evidentemente, la gravitación hacia el sol y la luna son causa de este movimiento, por los mismos motivos que el sol y la tierra actúan realmente sobre la luna.

La tierra experimenta aún una revolución quizás mucho más extraña cuya causa está más oculta, y cuya amplitud sorprende la imaginación y que parecería prometer al género humano una duración que no nos atreveríamos a concebir. Tal período podría ser de 1.944.000 años. Es el momento para insertar lo que se sabe de este sorprendente descubrimiento, antes de terminar el capítulo sobre la tierra."

Siguiendo con esta edición de 1738, es preciso señalar importantes diferencias respecto a las ediciones de 1745 y 1756. Tras el párrafo anteriormente traducido (LA TIERRA) seguía todo lo relativo a la Tierra, incluyendo el examen de su figura (Cap. IX en nuestra edición) y el análisis de la precesión de los equinoccios (aquí, Cap. X). Este mismo esquema se reprodujo en la edición de 1741, salvo algunas pequeñas diferencias que sólo mencionaremos cuando sean significativas para no sobrecargar la edición de variantes. Así pues, tras "...el capítulo sobre la tierra...", seguía lo siguiente:

DIGRESION

Sobre el Período de 1.944.000 años recientemente descubierto

Egipto y parte de Asia, de donde proceden todas las ciencias que parecen circular en el universo, conservaban en otro tiempo una tradición inmemorial, vaga, incierta, pero que no podía dejar de tener fundamento. Se decía que habían sucedido cambios prodigiosos en nuestro globo, y en el cielo respecto a nuestro globo. La simple inspección de la tierra daba gran peso a tal opinión.

Se ve que las aguas han cubierto y abandonado sucesivamente los lechos que las contienen; los vegetales, los peces de las Indias encontrados en las petrificaciones de nuestra Europa, las conchas apiñadas en las montañas, dan testimonio suficiente de esta verdad antigua.

Ovidio, al exponer la filosofía de Pitágoras y hacer hablar a este filósofo por lo sabios de Asia, hablaba en nombre de todos los filósofos de oriente, cuando decía.

Nil equidem durare diu sub imagine eadem
Crediderim. Sic ad ferrum ventstris ab auro,
Saecula. sic toties versa es, fortuna locurum.
Vidi ego, quod fuerat quondam solidissima tellus
Esse fretum; vidi factas ex aequore terras;
Et procul a pelago Conchae jacuare marinae;
Quodque fuit campus, vallem decursus aquarum
Fecit; et eluvie Mons est deductus in aequor,
Eque paludosa siccis humus aret arenis.

Podemos dar el sentido de tales versos así:

El Tiempo que a todo da el movimiento y el ser,
Produce, acrecienta, destruye, hace morir, hace renacer;
Cambia todo en los cielos, en la tierra y en el aire;
A la edad de oro seguirá la edad de hierro:
A la flora que embellece los campos, la salvaje aridez;
El mar cambia su lecho, su flujo y su orilla;
El limo que nos sostiene ha nacido del seno de las aguas;
El Cáucaso está sembrado de restos de barcos.
Pronto la mano del Tiempo aplanará las montañas,
Cavará los valles y extenderá los campos;
Mientras tanto el Eterno, el señor de los tiempos
Es lo único inconmovible ante tan grandes cambios.

He aquí cuál era la opinión de Oriente, y no es para perjudicarla para lo que citamos en verso, antigua lengua de la filosofía.

A los testimonios que la naturaleza ofrece de tantas revoluciones que han cambiado la faz de la tierra, se añadiría la idea de los antiguos Egipcios; otrora pueblo geómetra y astrónomo, antes de que la superstición y la molicie hubiesen convertido en despreciable a este pueblo. Dicha idea era que el sol se levantó durante siglos por occidente; es cierto que se trata de una tradición tan oscura como los jeroglíficos. Herodoto, que podemos considerar un autor muy reciente, y por tanto de poco peso respecto a dichas antigüedades, narra en el libro de Euterpe que, según los padres egipcios, el sol, a lo largo de once mil trescientos cuarenta años (y los años de los

Egipcios eran de 365 días) se había elevado dos veces por donde se pone, y se había puesto dos veces por donde se levanta, sin que hubiese sucedido el menor cambio en Egipto, pese a tal variación en el curso del sol.

O los padres que contaron este suceso a Herodoto se explicaron muy mal, o Herodoto les entendió muy mal. Porque que el sol cambiase su curso, era una tradición que podía ser probable para los filósofos; pero que en once mil y tantos años los puntos cardinales hubiesen cambiado dos veces, esto era imposible. Las dos revoluciones, como veremos, no podían acontecer más que en cerca de cuatro millones de años. La revolución completa de los polos de la eclíptica o del ecuador ocurre en 1.944.000 años aproximadamente, y dicha revolución de la eclíptica puede, ella sola, con la ayuda del movimiento diario de la tierra, girar nuestro globo paulatinamente hacia el oriente, al sur, a occidente, al septentrión. Así sólo en un período doble a 1.944.000 años puede nuestro globo ver dos veces al sol ponerse por occidente, y no en 110 siglos solamente, según el vago relato de los padres de Tebas, y de Herodoto, padre de la historia y del engaño.

También es imposible que dicho cambio se hiciese sin que Egipto se resintiera; porque si la tierra, al girar sobre sí misma diariamente, hubiese hecho su año de occidente a oriente, después de norte a sur, de oriente a occidente, de sur a norte, siguiendo a su eje, se ve claramente que Egipto habría cambiado de posición, así como todos los climas de la tierra. Las lluvias que hoy caen desde hace tanto tiempo en el trópico de capricornio, y que fertilizaron Egipto, engrosando el Nilo, habrían cesado. El territorio de Egipto se habría encontrado en una zona glacial, el Nilo y Egipto hubiesen desaparecido.

Platón, Diógenes de Laerce y Plutarco, no hablan con inteligencia de esta revolución; pero, en fin, hablan de ella: son testimonios que restan aún de una tradición casi perdida.

Veamos algo más sorprendente y circunstanciado. Los filósofos de Babilonia contaban, en el momento de la entrada de Alejandro en su ciudad, 430.000 años a partir de sus primeras observaciones astronómicas; el año babilónico sólo tenía 360 días; mas esta época de 430.000 ha sido considerada como un monumento a la vanidad de una nación vencida que quería, según la costumbre de todos los pueblos y de todos los particulares, recuperar por su antigüedad la gloria que perdía por su debilidad.

En fin, habiendo llegado hasta nosotros las ciencias y siendo cultivadas poco a poco, el caballero de Louville, distinguido entre el grupo de los que honraron el siglo de Luis XIV, fue expresamente a Marsella en 1714 para ver si la oblicuidad de la eclíptica era la misma que había observado y fijado Pytheas hacía más de 2.000 años. Encontró dicha oblicuidad de la eclíptica, es decir, el ángulo formado por el eje del ecuador y el eje de la eclíptica, menor en 20 minutos de lo que dijo Pytheas. ¿Cuál es la relación de este ángulo, disminuido en 20 minutos, con la opinión del antiguo Egipto?, ¿con los 430.000 años de los que se vanagloriaba Babilonia?, ¿con un período del mundo cercano a los 2.000.000 de años, e incluso, según la observación del caballero de Louville, mayor de 2.000.000 de años? Es preciso considerar el uso que hizo de él, y cómo un día llegará una astronomía completamente nueva.

Si el ángulo que el eje del ecuador forma con el eje de la eclíptica es hoy menor en 20 minutos que hace 2.000 años, el eje de la tierra, ajustándose al plano de la eclíptica, se acerca aproximadamente un grado en 6.000 años.

Si este ángulo PE es, por ejemplo, de cerca de 23 grados y medio ahora y decrece siempre hasta anularse, y a continuación comienza a crecer y después a decrecer, ciertamente ocurrirá que en 23 veces y media 6.000 años, es decir en 141.000 años,

nuestra eclíptica y nuestro ecuador coincidirán en todos los puntos: el sol estará en el ecuador, o al menos se alejará muy poco de él en varios siglos; los días, las noches, las estaciones, serán iguales en toda la tierra. Se encuentra, según el cálculo del astrónomo francés, cálculo un poco reformado después, que el eje de la eclíptica fue perpendicular al del ecuador hace alrededor de 399.000 años de los nuestros, suponiendo que el mundo existiese ya. Restad de estos números el tiempo transcurrido desde la triunfal entrada de Alejandro en Babilonia, veremos con sorpresa que tal cálculo se aproxima bastante a los 430.000 años de 360 días que contaban los Babilonios. Se verá que, precisamente, comenzaban a contar en el punto donde el polo boreal de la tierra estaba en aries, y en el momento en que la tierra iba de sur a norte en su curso anual; en fin, en el momento que el sol salía y se ponía en las regiones del cielo donde hoy están los polos.

Hay algún signo de que los astrónomos caldeos hicieron la misma operación y, por tanto, el mismo razonamiento que el filósofo francés. Midieron la oblicuidad de la eclíptica: la encontraron decreciente y, remontando por sus cálculos hasta un punto cardinal, contaron desde el punto donde la eclíptica y el ecuador formaron un ángulo de 90 grados, punto que se podía considerar como el comienzo o el fin, o la mitad o la cuarta parte de dicho enorme período.

Así, el enigma de los Egipcios fue desvelado, el cuento de los Caldeos justificado, el informe de Herodoto aclarado y el Universo embellecido por un futuro largo, cuya duración satisface la imaginación de los hombres, aunque la comparación haga parecer aún más corta nuestra vida.

Tal vez sea esta la idea que nos hizo imaginar que toda la tierra había disfrutado en otro momento una primavera perpetua; porque los pueblos que tienen la esfera oblícua deberían haberla tenido recta debido a la mencionada revolución, suponiendo que la tierra existiese entonces.

Poco a poco su región se habría alejado del sol; habría conocido el invierno y el desajuste de las estaciones; se habría hecho menos fecunda. No soñando los hombres, en este supuesto, más que en otras regiones que habrían tomado el lugar de la suya, y supuesto que todas las partes del globo habrían pasado por el ecuador en su giro, imaginaron un siglo de oro, un reino de dioses, el huevo de Oromase, la caja de Pandora, y de una antigua verdad astronómica no quedan más que fábulas. (El texto en cursiva fue añadido en la edición de 1741).

Mucho se contradijo tal descubrimiento del caballero de Louville, por ser muy extraño y por no parecer suficientemente probado. En un viaje a Egipto, un académico midió una pirámide; encontró las cuatro caras expuestas a los cuatro puntos cardinales; entonces se decía, no han cambiado desde hace tantos siglos; luego la oblicuidad de la eclíptica que, por su disminución, hubiese debido cambiar todos los meridianos, de hecho no había disminuído. Pero estas pirámides no eran una barrera invencible para los nuevos descubrimientos: ¿por qué se estaba tan seguro de que los arquitectos de la pirámide no se hubiesen equivocado en algunos minutos? La más imperceptible aberración al colocar una piedra habría bastado por sí sola para producir este error. Por otra parte, ¿no habría despreciado el académico esta pequeña diferencia que puede hallarse entre los puntos donde el sol marca los equinoccios y los solsticios en la pirámide, suponiendo que nada hubiese cambiado, y los puntos que de hecho marca? ¿No habría podido confundirse con las fábulas de Egipto, con las que trabajaba por pura casualidad, pues Tycho-Brahé mismo se equivocó en 18 minutos en la posición del meridiano de Uranibourg, su ciudad celeste, a la que refería todas sus observaciones? ¿Pero se equivocó Tycho-Brahé realmente en 18 minutos, como se dice? ¿No podría provenir la diferencia encontrada

entre el verdadero meridiano de Uranibourg y el de Tycho-Brahé, en parte también del propio cambio del cielo y en parte de los errores casi inevitables cometidos por Tycho-Brahé y por quienes le han corregido? Más aún, tal período puede operar de forma que los meridianos no cambien nada; porque la tierra, al aproximarse a la eclíptica, puede marchar siempre durante muchos siglos de occidente a oriente, y Constantinopla, por ejemplo, estará continuamente, en este supuesto, más oriental que París en una misma cantidad de minutos; pero, en fin, el mismo caballero de Louville pudo haberse equivocado y haber visto un decrecimiento de la eclíptica que no existe en realidad. La fuente principal de todos estos errores fue verosímilmente Pythéas: como la mayor parte de los antiguos, observó con poca exactitud; luego, la prudencia con la que se procede hoy en física tenía que aguardar hasta los nuevos descubrimientos; por ello los pocos que pueden juzgar esta gran diferencia permanecerán en silencio.

Finalmente, en 1734, M. Godin (uno de los filósofos que por amor a la verdad acaban de viajar al Perú) retomó el hilo de los descubrimientos. No se trata ya del examen de una pirámide del cual siempre restarán dificultades; es necesario partir del famoso meridiano trazado por Dominique Cassini en 1655 en la iglesia de San Petronio, de cuya precisión se está más seguro que de la de los arquitectos de las pirámides. La oblicuidad de la eclíptica que resultó fue 23°29'15"; mas no podemos dudar ya, por las últimas observaciones, que este ángulo de la eclíptica y del ecuador actualmente sólo es de 23°28'20" aproximadamente, *a menos que las refracciones que influyen en la determinación de la altura del Polo realizada por la estrella polar y, en consecuencia, también en la elevación del Ecuador y de la oblicuidad de la eclíptica, no hayan cambiado un poco desde entonces; cambio que se comienza a suponer por la diferencia de alturas del Polo encontrada en las mismas ciudades, tras el paso de cierto tiempo, tales como Londres, Amsterdam y Copenhague; aunque estas observaciones no sean suficientes para asegurarnos completamente de que el aire es tanto más o tanto menos transparente a lo largo de los siglos. Es cierto que se ha descubierto desde hace poco, y demostrado infaliblemente, que las refracciones en dos lugares, incluso a poca distancia uno de otro, pueden diferir a veces más allá de lo opinable; esto obliga actualmente a un observador exacto a determinar bien, antes que otra cosa, las refracciones de su horizonte si quiere que sus observaciones tengan crédito; pero se sabe también que, según la experiencia de M. Huygens al dejar un anteojo en una posición constante y dirigido hacia la punta de cualquier campanario elevado entre el mediodía y la tarde, se verá dicha punta siempre más elevada al declinar el día que en el mediodía y que, en consecuencia, el aire puede cambiar de transparencia. Sin embargo, como esto no contribuye a una variación, como podría suponerse al introducir esta cuestión en el fenómeno, estaríamos equivocados al admitir un hecho tan dudoso, teniendo en cuenta que todavía no disponemos de pruebas convincentes, ni de razones físicas.*

Respecto a las pirámides de Egipto y la constancia de los meridianos, la cual parece contraria a la movilidad de los polos del ecuador, es conveniente señalar también, suponiendo que la figura de la Tierra no es esferoide, como lo es verdaderamente, sino exactamente esférica, que el movimiento del plano del ecuador y de sus polos, puede imaginarse de dos maneras. Que la mayor parte de los emplazamientos actualmente situados bajo el ecuador tuviesen hace siglos una latitud meridional o septentrional, habiéndolos abandonado el ecuador para aproximarse a la eclíptica (en cuyo caso todos los meridianos se desajustaron, y dos ciudades cualquiera, sin haber cambiado de lugar o de distancia, ni su primera situación en la tierra, habrían cambiado de rumbo una respecto a la otra); o que el ecuador no abandonase nunca los empla-

zamientos, siempre situados bajo él,aunque su plano girara con ellos alrededor de la eclíptica sin que nunca se operase cambio alguno en los meridianos; dicha constancia, a diferencia del primer supuesto, no prueba nada contra el movimiento del ecuador. Por el contrario, retomando la figura esferoide de la tierra, que es la verdadera, está claro que sus partes sólidas, sosteniéndose y no pudiendo separarse unas de otras, las más alejadas del centro de la tierra quedarían siempre a la misma distancia y que, en consecuencia, la circunferencia del ecuador, tanto móvil como inmóvil, no produciría ninguna alteración en los meridianos. Se ve, por tanto, que aunque los arquitectos egipcios hubiesen recibido la orden de asentar las pirámides paralelamente a los cuatro puntos cardinales del mundo y que hubiesen ejecutado dicha orden con la mayor exactitud, esto no impide que el ángulo de intersección del ecuador y de la eclíptica pudiese variar tanto como se quiera.

Nada produce más placer que ver restablecer el crédito de las verdades más respetables por su antigüedad, después de ser contradichas en siglos tan circunspectos y tan poco crédulos como el nuestro; mas es preciso reconocer, no obstante, que si los egipcios y los babilonios fueron los primeros en descubrir dicha disminución eclíptica, la descubrieron mediante razonamientos muy poco fundamentados, que no es por ellos por los que les atribuimos tal descubrimiento. Herodoto publicó su Historia alrededor de cien años después que Anaximandro de Mileto hubiese hallado, el primero, la forma de medir la oblicuidad de la eclíptica; y dicha invención habiendo pasado poco después a Egipto por los viajes de Cleostrato de Harpalo y de Eudoxo, los egipcios, quienes no olvidaron encontrar tal oblicuidad más pequeña que la encontró Anaximandro, se las apañaron para convertirla en un honor de su nación, como si la disminución y, por tanto, la medida de la oblicuidad de la eclíptica hubiese sido conocida por ellos durante miles de años, cuando tan sólo acababa de ser descubierta por los griegos. Más o menos hemos dicho anteriormente lo mismo de los babilonios, quienes celosos también de los egipcios y de los griegos, remontaron un cálculo parecido, hasta una antigüedad incomparablemente más absurda que la de los egipcios.

Mas, bien que exista el movimiento del Ecuador, bien que no exista, siempre es cierto que no puede ser producido por ningún mecanismo de los que han caído en el pensamiento de Newton. El movimiento que parece más natural al eje de la Tierra es la variación de la inclinación del orbe de la luna, que es de 5°18 ó 19 minutos cuando los nodos de la luna están en conjunción, o en oposición con el sol, y de 5° solamente cuando los nodos están en las Cuadraturas. Es cierto que, mediante una analogía natural, este gran filósofo atribuye al eje de la tierra un pequeño movimiento alternativo, según el cual el ángulo de intersección de la eclíptica y de la equinoccial, al encontrarse en los equinoccios, por ejemplo a 23°29', se estrecha al aproximarse a los solsticios, y se ensancha de nuevo entre los solsticios y los equinoccios; de forma que en los solsticios, tal ángulo, en su más pequeño valor, vale 23°29' menos algunos segundos.

Pero estas alternativas de disminución y crecimiento no producen movimiento circular en el plano de la equinoccial, desde un polo de la ecliptica hasta el otro. Es preciso, por tanto, que dicha circulación dependa de alguna otra causa desconocida hasta ahora, que es necesario descubrir en el supuesto de que este fenómeno sea real.

Para que la disminución de este ángulo iguale siempre su crecimiento, se requiere que el centro absoluto de gravedad de toda la masa de la tierra coincida con el centro geométrico de la figura esferoide; mas, bien puede suceder que no sea así. Pues si la tierra es un poquito más material en el lado boreal del ecuador que en el lado meridional, y ocurre en el interior del planeta o de la superficie algún cambio que

disminuya la cantidad de materia en un lugar y la aumente en otro, es evidente que la superficie exterior de la Tierra y el centro común de gravedad de toda su masa cambiarán de posición, una respecto al otro; y como el centro geométrico de su superficie esferoide exterior siempre es el mismo, es preciso que dicho centro también cambie de posición respecto al de gravedad tan pronto como alguna causa constante, o no constante, quite un poco de materia en algún lugar para llevarla a otro. Ahora bien, los dos centros, a saber, el geométrico de la figura oval de la tierra y el de gravedad general, deben estar necesariamente en el mismo eje de giro, si dicho giro debe ser igual y uniforme durante las 24 horas, sin acelerarse ni retardarse ocasionalmente, lo que sería contrario a la experiencia.

Así, para realizar el movimiento del plano del ecuador, bastaría que en el interior de la tierra hubiese una materia que, al circular continuamente, mas con lentitud, desplazara también el centro común de gravedad, respecto a la superficie de la tierra, pues el eje de giro seguirá siempre el mismo camino que dicho centro.

Si la materia no circula, aunque tenga un movimiento irregular y muy pequeño, el plano del ecuador cambiará también de posición con la eclíptica, pero sin regla fija, y podrá estar más cercano o más alejado de ella, lo que quizás sería más verosímil que una circulación perfecta. Sin embargo, todo este razonamiento no se hará sino cuando quede demostrado de forma incontestable que la aproximación del ecuador y de la ecliptica, que pretenden percibir hoy los más hábiles observadores, sea real; y cuando no haya ninguna ilusión, ni por las refracciones, ni por los instrumentos en un asunto tan delicado y tan poco perceptible en las modernas observaciones, en las que sólo se aprecian unos segundos de disminución; de suerte que sólo tras varios siglos de observaciones continuadas, podrá decirse con certeza plena si la oblicuidad es variable o cómo es. El medio más corto y más seguro de terminar esta cuestión sería medir exactamente la elevación del Polo desde las ruinas de la antigua ciudad de Siena en Egipto. (Este último largo texto en cursiva sólo figuraba en las ediciones de 1738. Desde "...sería medir..." vuelve a coincidir con la edición de 1741). Se sabe, según cuenta Strabon en el último libro de su Geografía, que esta ciudad estaba ubicada justamente bajo el trópico de cáncer y que había un pequeño pozo profundo en el que no se veía la imagen del sol más que al mediodía del solsticio de verano, al caer el sol verticalmente sobre la superficie del agua en el fondo del pozo. Añade Strabon en el mismo pasaje que, saliendo de Grecia, esta era la primera ciudad que se encontraba, donde los gnomons, es decir las columnas erigidas verticalmente, no tenían sombra de meridiano una vez al año, el día del solsticio de verano; así, tenemos dos pruebas diferentes que nos confirman que en tiempos de Strabon, y algún tiempo antes de él, el trópico de cáncer pasó por la vertical de dicha ciudad.

Ahora bien, si midiendo hoy la latitud del lugar donde anteriormente estuvo la ciudad, se encontrase el polo septentrional elevado hasta 23°49' o más, esto sería una prueba incontestable de que M. el caballero de Louville encontró la verdad y de que la oblicuidad de la eclíptica ha disminuido 20' en cerca de 18 siglos. *Digo 23°49' o más porque la Torre de Siena, siendo ya famosa a causa de la propiedad de la que hablamos desde el tiempo del Profeta Ezequiel que cita en el Cap. 29 de su Profecía, parece que habría ya disminuido 5 ó 6 minutos, según la misma proporción, desde la época del Profeta hasta la de Strabon, en más de cinco siglos, sin contar lo que podría haber disminuido desde la fundación de la Torre hasta los tiempos del Profeta.* (El texto en cursiva fue suprimido en la edición de 1741).

Pero si, por el contrario, el polo no se encontrase elevado más que en 23° y medio, más o menos, habría que concluir, sin titubeo, que durante toda esta serie de siglos, la oblicuidad en cuestión ha sido siempre la misma, o que su disminución no es muy

considerable; y que el espacio comprendido entre la equinoccial y la eclíptica se ha estrechado poco, o nada. Toda la dificultad se reduce a descubrir la situación de esta ciudad próxima al Nilo y a la isla Elefantina. Este sería el medio de precaver medios para la Posteridad y proveerse méritos para ella, presentando demostraciones sólidas de una verdad cuyo esclarecimiento podría costar varios siglos. (Este último párrafo con una redacción distinta se mantiene en la versión de 1741, y pone fin al capítulo XI. En la edición de 1738, continúa el largo capítulo 23 denominado "Teoría de nuestro mundo planetario", con el tratamiento de la figura de la tierra, cuestión que en nuestra versión es abordada en el capítulo VIII y en la de 1741 y 1756 en el capítulo IX. La edición de 1741 incluía un breve capítulo X que no figuraba en la de 1738 y que fue suprimido de las aparecidas en 1741, 1745 y 1756. Dado su interés lo reproducimos a continuación.

19. Esto fue escrito en 1736 (VOLTAIRE).

20. Esto no puede afirmarse sino en la hipótesis de que la tierra es homogénea y tiene una figura regular, y solamente para grandes distancias, pues las variaciones de la gravedad son insensibles a distancias pequeñas (KEHL).

21. Su memoria se encuentra en el *Journal littéraire.*

22. Un análisis detallado de los contenidos teóricos que enfrentaron a Newton y Huygens, así como de la evolución de este debate puede encontrarse en R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchatel, 1950 y en I. Todhumter, *The figure of the earth*, 2 vols., Londres, 1873. También A. Lafuente, "La mecánica de fluídos y la teoría de la figura de la Tierra entre Newton y Clairaut (1687-1743)", *Dynamis, 3*, 55-89, 1983.

23. Las distintas observaciones realizadas produjeron resultados cuya dispersión, si bien probaba el aplanamiento polar de la tierra, dejaba abierto el debate sobre su magnitud numérica. Ver A. Lafuente y A.J. Delgado, *La geometrización de la tierra (1735-1744)*, Madrid, CSIC, 1984. También A. Lafuente y José L. Peset, "La question de la figure de la Terre: l'agonie d'un débat scientifique au XVIIIe siècle", *Revue d'Histoire des Sciences, 37*, 235-254, 1984.

24. El tratamiento que dio Voltaire al tema de la figura de la tierra en las ediciones de 1738 fue considerablemente distinto. En las versiones siguientes, tal como en la adoptada por nosotros, se escoge una visión más experimental, narrada al hilo de la polémica que se dio en Francia. Por el contrario, la primera edición presenta aspectos más teóricos del problema y expone los fundamentos de las posiciones de Newton y Huygens. Esto complicaba el texto, lo hacía insensible a los tensos debates que había en la Academia de Ciencias de París, y en definitiva, servía con menos eficacia a su proyecto de proselitismo newtoniano. Véase A. Lafuente y A. Mazuecos, *Los caballeros del punto fijo. Ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispano francesa al virreinato del Perú en el siglo XVIII* (Barcelona, El Serval-CSIC, 1987) donde se tratan ampliamente los componentes de dicha polémica y el papel desempeñado por Voltaire.

Merece la pena reproducir aquí el texto de la versión de 1738, incluído en el capítulo 23, tras el punto y aparte, anteriormente incluido también en nota, que terminaba con "...cuyo esclarecimiento podría costar varios siglos". El capítulo continuaba como sigue:

"La enumeración que hemos decidido emprender aquí de las principales particularidades relativas a la tierra, debido al rango que tiene entre los planetas, nos compromete a examinar las pruebas de su figura esferoidal que supusimos verdadera, y a mostrar la imposibilidad del cambio de meridianos. Ya hemos dado una idea general en el Capítulo XVIII, cuando, refiriéndonos a la magnitud y a los diversos grados de gravedad, mencionamos la inundación de las aguas en las regiones del

ecuador que resultaría necesariamente del giro de la tierra sobre su eje, si fuese perfectamente esférica. Pero como no era aquél el lugar para probar que dicha diferencia era suficiente sensible como para ser medida, vamos a mostrar aquí que lo es.

Las pruebas de que nos valemos están sacadas, en parte, de razonamientos físicos y, en parte, de la experiencia misma. Los razonamientos físicos que nos prueban la necesidad de tal figura, suponen como único principio que el movimiento diario de la tierra es de 23 horas y 56 minutos. Si la tierra es exactamente esférica, la velocidad del giro de todos los cuerpos pesados en el ecuador disminuiría su gravedad o la velocidad de caída, en la medida en que difiera menos de la que fuese necesaria para que todos los cuerpos pesados rotaran bajo el ecuador sin poder caer nunca o aproximarse al centro de la tierra; o, para hacer que todos los cuerpos que hay bajo el ecuador fuesen satélites que girasen por su movimiento diario en la circunferencia del ecuador, tanto como la luna recorre su órbita. Ahora bien, digámoslo por una regla de *Tres*: el cubo de la distancia de la luna, de 60 semidiámetros de la tierra, es al cubo de uno sólo de estos semidiámetros, como el cuadrado de 39.343 minutos, que son un mes de periodo lunar, es al cuadrado de los minutos de revolución de los satélites, o de los cuerpos pesados en la circunferencia del ecuador terrestre, si se quiere que la fuerza centrífuga contrabalancee exactamente a la gravedad. Por el resultado de este cálculo se encuentra 84 2/5 minutos de revolución; así, si el día de las estrellas fuese de 84 2/5 minutos en lugar de 23 horas y 56 minutos, que es 17 veces más grande, no habría en el ecuador caída, ni peso en los cuerpos.

Se encuentra el mismo número de 84 2/5 minutos sin usar la luna, siguiendo el Teorema de M. Huygens, según el cual halló que un cuerpo, para girar circularmente con una fuerza centrífuga igual a su propio peso, debía completar el círculo en el tiempo que un péndulo de la longitud del radio de dicho círculo emplearía en realizar dos vibraciones. Ahora bien, para aplicar este Teorema al círculo del ecuador y al semidiámetro de la tierra, tan solo se requiere decir 3 pies y 17/288 partes de pie, longitud de un péndulo de segundos, son al cuadrado de un segundo, como 19615800 pies de semidiámetro de la tierra, según la medida de M. Picard, son a 6412430 que es el cuadrado de 2532 segundos, o 42 minutos 12 segundos. Un péndulo de la longitud del semidiámetro de la tierra haría entonces cada vibración en 42 minutos y 12 segundos; en consecuencia, para igualar la gravedad a la fuerza centrífuga de la rotación diaria bajo el ecuador, sería necesario que dicha rotación concluyese en 84 minutos y 24 segundos.

Pero como se encuentra 17 veces más lenta, es evidente que, al suponer perfectamente esférica la superficie de la tierra, la gravedad en el ecuador excede su disminución; o la fuerza centrífuga, 17 por 17 veces, es decir 289 veces, y por ello la velocidad de caída de los cuerpos bajo el ecuador, sería a la caída bajo los polos, como 288 son a 289; y un péndulo de un segundo que hiciese bajo el polo 86400 vibraciones en un día solar, sólo realizaría bajo el ecuador cerca de 86250, exactamente igual que el péndulo de segundos de París, siendo transportado al ecuador haría sus caídas curvilíneas u oscilaciones un poco más lentas que aquí, retardándose cada día alrededor de 2 minutos y 5 segundos.

La experiencia de M. Richer hecha en la isla de Cayena, la de M. Halley en la isla de Sta. Elena y las de aquéllas que podemos ver en la página 227 de esta edición (se refiere a Des Hayes, Varin, Feuillée y Couplet), han verificado en circunstancias similares la disminución de la gravedad bajo el ecuador, consecuencia necesaria e indudable del movimiento diario de la tierra; nos resta por ver los desórdenes que

causarían en la superficie las fuerzas centrífugas de este mismo movimiento en los círculos paralelos al ecuador si la tierra fuese perfectamente esférica.

Todo el mundo sabe que una balanza exacta, al estar suspendida por su mitad, permanece en reposo; los platillos o los pesos iguales suspendidos por cordeles de sus dos extremidades, obligan a sus cordeles, o mejor a sus mitades, a posiciones perpendiculares a sus horizontes y que tiendan directamente hacia el centro de la tierra. Pero si se da a esta balanza un movimiento circular, cuyo centro sea el punto de suspensión de la balanza, se verá enseguida que los platillos, o los pesos, se alejan de la perpendicular en proporción a la velocidad del movimiento circular, de suerte que los cordeles no seguirán ya la dirección ordinaria de la gravedad hacia el centro de la tierra.

Figurémonos ahora una gran balanza curvilínea, cuya mitad esté suspendida de uno de los polos de la tierra, y cuyas dos extremidades se prolonguen a la misma altura del polo, por ambos lados; es evidente que si la figura esférica de la tierra (que es lo que estamos examinando) gira alrededor de su eje, y arrastra simultáneamente a dicha balanza curvilínea en un movimiento circular en torno al mismo eje, el peso, que al estar en reposo debería converger hacia el centro de la tierra, se alejaría un poco de esta convergencia y de las perpendiculares, por ambos lados. Así el seno del pequeño ángulo de desviación, formado por la perpendicular y la nueva dirección del peso, será muy próximo a 1/189 del producto del seno y del coseno de la elevación del polo, dividido por el radio.

Vemos claramente que sin imaginar esta balanza curvilínea, dicho razonamiento puede aplicarse igualmente a todas las plomadas que estén en la superficie de la tierra. Por este procedimiento se encuentra que en París, y en otros cientos de lugares con la misma latitud, un péndulo en reposo no estaría en la perpendicular del horizonte, sino que formaría con la perpendicular un ángulo próximo a los seis minutos, lo que sería bastante apreciable si la tierra fuese perfectamente esférica; sin embargo, como en ningún lugar del mundo se encuentra desviación alguna, esto es una prueba suficiente de que la faz de la tierra es tal que resulta imprescindible, para que sea perpendicular la dirección de la gravedad, que no tenga la figura esférica.

Esta figura esferoide produce también otro cambio en la gravedad, mas de escasas consecuencias. Se sabe que, no considerando la disminución de la gravedad, varía ella sola según la diversidad de distancia al centro de la tierra, incluso cuando no hubiese rotación. Esto es lo que hace que las experiencias con péndulos transportados a diferentes climas, no se acuerden con toda precisión al cálculo que hemos hecho antes, aunque todas demuestran en general que la gravedad difiere apreciablemente y que siempre es menor hacia el ecuador que hacia los polos. También divide las opiniones de los más grandes geómetras la proporción entre el eje de rotación de la tierra y el diámetro de su ecuador. M. Huygens, y después de él Jacques Herman en su excelente obra la *Phoronomie*, determinaron la proporción de 577 a 578; mas Newton nos dio la de 229 a 230, casi triple de la precedente. La diferencia de estas medidas sólo procede de que Huygens consideró la gravedad como una fuerza que empuja los cuerpos hacia un centro único; mientras que Newton la consideró como una fuerza por la que todos los cuerpos y partículas de la tierra, hasta las más pequeñas, son atraídos unos hacia otros."

Así termina lo dedicado a la figura de la tierra. Sorprende la escasa información que maneja Voltaire relativa a las observaciones geodésicas realizadas en Francia por los Cassini, ya que hacia 1738 habían atraído la atención de una parte muy significativa de los científicos europeos. Sin duda, lo más llamativo es el silencio sobre Maupertuis, la publicación del *Discurso sobre la figura de los astros* y su

participación en la expedición a Laponia, que Voltaire llamó "expedición newtoniana", para determinar un grado de meridiano. Más detalles sobre el particular en A. Lafuente y José L. Peset, *Maupertuis, el orden verosímil del cosmos*, Madrid, Alianza Ed., 1985. Libro que reproduce traducido el *Discurso...* citado.

En este mismo capítulo siguen, a continuación, los epígrafes destinados al resto de los planetas del sistema solar; es decir, Marte, Júpiter y Saturno. Nosotros, sin embargo, no introduciremos esta variante para no sobrecargar nuestra edición. En la fechada en 1741 se incluían un capítulo "Sobre la Teoría de la luna y los otros planetas" y otro sobre "Los cometas", reproduciendo en distinto orden y con pocas variaciones lo publicado en 1738, y que fueron suprimidos en las ediciones de 1745 y 1756 debido a los múltiples errores que contenían. Tampoco daremos la versión castellana de ellos.

25. Es bueno subrayar que, si la observación y la teoría coinciden en mostrar que la tierra es achatada por los polos, aún no es posible pronunciarse con exactitud sobre la magnitud del achatamiento; incluso es imposible poner de acuerdo las medidas de los grados entre sí y los resultados de las experiencias con péndulos sin suponer una forma irregular para la tierra. Quienes desearen ilustrarse sobre tan importante cuestión, deben leer las distintas memorias del señor *d'Alembert* al respecto. Se comprobará que las cuestión es mucho más complicada de lo que la mayor parte de los geómetras habían pensado; también se encontrarán los principios necesarios para resolverla, y útiles observaciones para evitar dejarse conducir a conclusiones inciertas y demasiado precipitadas (KEHL).

26. La edición de DRESDE llevaba la siguiente nota:

Veamos los números admitidos hoy, resultantes de la discusión de las medidas realizadas por Bessel:

Radio ecuatorial = R = 6.377,398 metros
Radio polar = r = 6.356,080 metros
Diferencia = R-r = 21,318 metros
Aplanamiento *1/299* de R

27. En la edición de 1741 este capítulo se iniciaba de forma algo distinta:

"Si el período de 2.000.000 de años no está probado todavía, el de precesión de 26.000 años es tan seguro como la revolución del día y la noche. Es consecuencia evidente de la atracción; pero para explicar..."

28. La principal fuente utilizada por Voltaire para la redacción de las noticias históricas que siguen es la memoria de J.D. Cassini, "De l'origine et du progrés de l'astronomie, et de son usage dans la geographie et dans la navigation" incluida en *Memoires de l'Academie Royale des Sciences depuis 1666 jusqu'à 1699*, Vol. III (París, 1730). Se trataba de una reedición del texto incluido en *Recuil d'Observations faites en plusieurs voyages par ordre de Sa Magesté pour perfectionner l'astronomie et la geographie*, Paris, 1693.

29. Tal vez sería más justo considerar todo el edificio de las esferas celestes como hipótesis imaginadas por los astrónomos, y no para explicar el movimiento aparente; y es cierto que en una época en la que el análisis algebráico era desconocido, no podía escogerse un método más simple y más ingenioso (KEHL).

30. El señor *d'Alembert* fue el primero en resolver mediante un método certero el problema de la precesión de los equinoccios, es decir, quien determinó los movimientos que la atracción del sol y de la luna causan en el eje de la tierra.

Pero además de la gran revolución causante de la precesión de los equinoccios, el eje de la tierra posee otro movimiento llamado *nutación*; este movimiento cuya revolución es la misma, en duración, que la de los nudos de la luna, depende

principanmente de la atracción de este planeta. El señor *d'Alembert* empleó este fenómeno observado por *Bradley*, y del cual fue el primero en encontrar la causa, para determinar con mayor precisión de lo que hasta ahora se había hecho la masa lunar, es decir, la relación entre su fuerza atractiva y la del sol. La atracción del sol y de la tierra produce un movimiento en el eje de la luna, y tal movimiento es la causa del fenómeno llamado *libración de la luna*.

Tal fenómeno se calcula con los mismos principios, de manera que al señor *d'Alembert* se le debe el descurbimiento de las leyes de los fenómenos celestes causados por la figura de los astros, como debemos a *Newton* el de los fenómenos causados por sus fuerzas atractivas, suponiendo que convergen en sus centros (KEHL).

31. El párrafo que sigue fue añadido en la edición de 1745, suprimido en la de 1748 y definitivamente incluido a partir de la de 1756 (MOLAND).

32. Observemos aquí que también se debe a *Newton* la demostración de que los cometas son planetas que describen alrededor del sol elipses tan alargadas que se confunden con parábolas en todo el espacio en que los cometas son vistos. De ahí que no baste una sola observación para determinar la órbita completa y predecir el regreso de un cometa, que apenas fue visto una sola vez. *Halley*, discípulo de *Newton*, calculó la órbita de algunos cometas cuyo período era más o menos conocido porque habían sido vistos dos veces, y trató de determinar su regreso teniendo en cuenta las perturbaciones causadas por los planetas. Uno de estos planetas debía reaparecer en 1759, y reapareció realmente muy próximo a la época en la que debía aparecer según los cálculos de perturbaciones realizados por el Sr. *Clairaut*, utilizando un método mucho más certero que el empleado por *Halley*. Se espera otro hacia 1789. El período del primer cometa es de casi setenta años, y el del segundo de casi ciento treinta (KEHL).

33. Este último capítulo de los *Elementos* adoptó una forma muy distinta a partir de las ediciones de 1745, quedando reducido a la expresión esquelética que reproducimos. En las de 1738 y 1741 su contenido era el siguiente:

"Veis que todos los fenómenos de la naturaleza, las experiencias y la geometría concurren desde todos los lados para establecer la atracción. Veis que este principio actúa de una parte a otra de nuestro sistema planetario, en Saturno y en el menor átomo de Saturno, en el sol y sobre el más delgado rayo de sol.

Este poder tan activo y tan universal, ¿no parece dominar toda la naturaleza? ¿No es la causa única de muchos efectos? ¿No se mezcla con los demás resortes con los que opera la naturaleza?

Por ejemplo, es muy verosímil que él solo produzca la continuidad y la adhesión de los cuerpos, ya que la atracción actúa en proporción directa a la masa, actúa sobre cada corpúsculo de materia: luego obliga a cada corpúsculo en este sentido a gravitar tal como Saturno gravita hacia Júpiter.

Veamos lo que sucede a los cuerpos que están sobre la superficie de la tierra.

1º Si pongo estas dos bolas de marfil AB y CD, una contra otra (figura 3.22), se atraerán; pero su tendencia recíproca es destruida debido a su gravitación hacia la tierra.

2º Que el diámetro de cada bola sea de dos líneas, esto es de 120 segundos de línea para cada diámetro; que haya el espacio de un segundo entre los dos cuerpos. El punto D dista de C 120 segundos. Los cuerpos en el punto de contacto se atraerán en razón inversa al cubo de las distancias y en una proporción aún mayor. No tenemos aquí sino el cubo; entonces el punto D atraerá menos y es menos atraído que el punto C en un millón setecientas veintiocho mil veces; y como los puntos

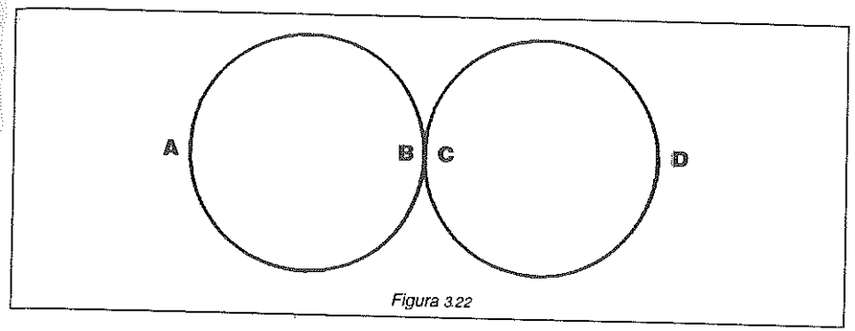

Figura 3.22

A y D están a cuatro líneas uno del otro, dichos puntos A y D se atraerán diez millones novecientas cuarenta y cuatro mil veces menos que los puntos B y C. Ahora bien, la masa de la tierra es a la masa de cada una de las dos bolas como el cubo de mil quinientas leguas de Francia, que vale tres mil trescientas setenta y cinco millones de leguas, es al cubo de dos líneas, que vale 8 líneas. La gravedad de cada bola hacia el centro de la tierra es entonces incomparablemente mayor que su atracción mutua.

3º Pero si las dos bolas son de extremada pequeñez, entonces su diámetro es considerado como infinitamente pequeño; toda su substancia se toca casi en el punto de contacto: la fuerza de la atracción puede hacerse inmensa respecto a otras fuerzas contrarias: así, los dos pequeños cuerpos, ambos juntos forman un cuerpo masivo y continuo.

4º Los cuerpos más pequeños son los que tienen más superficie y, en consecuencia, los que tendrán más puntos de contacto. Las masas de los cuerpos sólidos estarán entonces compuestas de moléculas más pequeñas, atraídas unas hacia otras.

5º La atracción actúa en los fluidos como en los sólidos. Dos gotas de agua, dos glóbulos de mercurio, se unen, y en el mismo instante sólo forman un glóbulo. El aire no puede ser la causa, pues el mismo efecto ocurre en la máquina purgada de aire. Ningún éter, ninguna materia sutil que se suponga presiona tales gotas, puede causar la unión; porque la pretendida materia sutil no podría presionar dichas gotas más que sobre el plano donde están; impediría su contacto presionando entre ambas; las dividiría, las esparcería, antes que unirlas al presionar sobre ellas. Luego es atrayéndose como se unen, es atrayéndose igualmente una y otra como conforman un cuerpo redondo.

6º En todo sólido y en todo fluido, al estar así sometidos a la atracción, la dureza de los cuerpos palpables no es otra cosa que una atracción de las partes. Cuanto más materia contenga un metal en un pequeño volumen, más duro es: cuanto más materia contiene, cada parte tendrá un contacto más inmediato con su parte vecina, luego será más grande la atracción; que se piense bien esto. Es en el período ilustrado en que vivimos cuando algún filósofo no puede encontrar nada que le satisfaga sobre la causa de la continuidad, de la adhesión, de la coherencia, de la dureza de los cuerpos. No me sorprende: nada encuentran, y nada encontrarán jamás, puesto que no hay nada. En cualquier fluido, cualquier entrelazamiento que imaginemos, siempre quedará por saber porqué las partes de este fluido, porqué tales partes encadenadas están contiguas. Es preciso que exista una fuerza dada por Dios a la materia que ligue así las partes, y es la fuerza

que llamo *atracción*; ya lo he dicho: no hay ninguna filosofía que conduzca más al hombre a las manos de Dios.

7º Si colocáis dos cuerpos tan pulidos como se pueda, uno sobre el otro, sean de acero, estaño o cristal, sólo podréis separarlos con dificultad; y si ponéis entre ellos alguna materia que rellene las desigualdades de sus superficies, como la pez, entonces no podréis ya separarlos del todo. ¿Por qué? Porque las partes de pez tocan ahora íntimamente las partes de los vidrios, como no se tocaban antes. Luego la atracción aumenta en proporción a la plenitud del contacto.

8º ¿Por qué los tubos que se llaman capilares atraen en su capacidad todos los líquidos en los que se les mete? Una vez más, no es el aire la causa; porque la gravedad del aire que hace subir el mercurio a casi 28 pulgadas en el barómetro no puede hacerlo del todo en el tubo capilar; además esta experiencia de los licores, subiendo en tan extremadamente pequeña capacidad, se realiza tanto en la máquina pneumática como en el aire. El éter, la materia sutil, no es ninguna ventaja. Al contrario, ella empujaría la cavidad del tubo, impediría subir el agua hasta allí.

Luego sólo la atracción de la parte alta del vidrio es la causa del fenómeno. La prueba es palpable.

1º El agua sube en estos tubos capilares tanto más cuanto más largos son; el aire, por el contrario, nunca deja subir el mercurio a más altura que la determinada por su gravedad, cualquiera que sea la longitud del barómetro.

2º La alteración de la gravedad del aire, de su densidad, hace variar la altura del mercurio en el mismo barómetro, y jamás la altura del agua varía en un mismo tubo capilar, porque la atracción es siempre la misma.

Pues bien, si esta fuerza domina sobre todos los cuerpos, debe estar presente de forma notable en infinidad de experiencias de física y de química de las que nunca se supo dar explicación.

Las acciones de los ácidos sobre los álcalis podrían muy bien ser quimeras filosóficas, así como los torbellinos. Nunca se ha podido definir lo que es un ácido y un álcali; cuando ya se han asignado las propiedades de uno, se encuentra en la primera experiencia que también estas propiedades pertenecen al otro; así, todo lo que hasta ahora sabemos es que hay cuerpos que fermentan con otros cuerpos, y nada más. Mas si imaginamos que hay una fuerza real en la naturaleza, la cual realiza la gravitación de todos los cuerpos unos hacia otros, se podrá creer que esta fuerza es la causa de todas las disoluciones de los cuerpos y de sus mayores esfervescencias.

Examinemos aquí la más simple de las disoluciones: la sal en el agua. Meted en medio de un recipiente lleno de agua un trozo de sal; el agua que llega hasta los bordes estará mucho tiempo sin salarse: sólo lo puede lograr por el movimiento y sólo estará en movimiento debido a las fuerzas centrales; las partes de agua más próximas a la masa de sal deben gravitar hacia el cuerpo de la sal; cuanto más gravitan, más la dividen y esto en proporción compuesta al cuadrado de su velocidad y de su masa; las partes divididas por dicho esfuerzo necesario son puestas en movimiento; su movimiento las lleva por todo lo ancho del recipiente; esta explicación no sólo es simple, sino fundada en todas las leyes de la naturaleza.

34. En las ediciones de 1741, 1748 y 1756, se incluía una conclusión más:

"4º Que un poder parecido es la causa de la adhesión, de su continuidad y de la dureza, pero en una proporción muy distinta a aquélla con la que se atraen los globos celestes."

El punto 4º de nuestra edición pasaba a ser el número 5.

DEFENSA DEL NEWTONISMO[1]

Los *Elementos de Newton* fueron publicados porque parecía útil ofrecer ya al público las nuevas verdades de las que hablaba todo el mundo en París como de un mundo desconocido.

Algarotti, al mismo tiempo, trabajaba para que esta filosofía fuese degustada por sus compatriotas, y adornaba por los encantos de su espíritu las verdades que sólo parecían someterse al cálculo. Dichas verdades penetraban en la Academia de ciencias, pese a que dominaba el gusto por la filosofía Cartesiana; primero, fueron allí propuestas por un gran matemático que después, con sus medidas realizadas en el círculo polar, ha reconocido y determinado la figura que Newton y Huygens asignaron a la tierra. Otros físicos geómetras, y sobre todo el que tradujo la *Estática de los vegetales*,[2] y que también sobrepujó sus sorprendentes experiencias, abrazaron con coraje esta física admirable que sólo está fundada en los hechos y sobre el cálculo, que rechaza toda hipótesis y que, en consecuencia, es la única física verdadera.

El autor de los *Elementos* intentó poner estas verdades al alcance de los espíritus menos ejercitados en tales materias; y aunque su obra fue impresa con muchas faltas y la impaciencia de los editores no le dio tiempo para terminarla, no ha dejado, sin embargo, de tener alguna utilidad. Se nos ha reprochado defectos de claridad en el libro.

No obstante, debe ser muy difícil de entender aquello en lo que no se cree, pues todos los que han escrito contra las verdades de las que era intérprete, le han reprochado cosas que seguramente no se encuentran en su libro, ni en ningún discípulo de Newton.

Uno, por ejemplo, se imagina que en una lente convexa, el medio debe atraer más que los bordes, y que por esta razón los rayos de luz, según Newton, se reunirían en el foco de la lente: pierde mucho tiempo y se fatiga en refutar lo que nunca ha sido dicho.

Otro cree que para Newton la luz sólo viene del sol a la tierra porque la tierra la atrae a 33 millones de leguas.

Hay otros que, habiendo leído por azar estas palabras: *la luz se refleja desde el seno del vacío*, han creído, sin prestar atención a lo que precede y a lo que sigue, que se atribuía al vacío una acción sobre la materia; y con esto han triunfado y han propagado injurias, chanzas u otros argumentos igualmente inútiles.

Si estos señores, por ejemplo, en lugar de agitar contra lo que no habían examinado suficientemente, hubiesen querido informarse del estado de la cuestión, esto es lo que les habría respondido.[3]

Newton ha descubierto una acción entre la luz y los cuerpos de la que no se tenía idea. Es preciso ver, por ejemplo, que la misma luz oblicua que no se transmite a través de un cristal, se transmitiría si se pone agua debajo del cristal; ha asegurado que, si se encontraba la forma de aspirar el aire debajo del cristal en la máquina de vacío, el mismo rayo oblicuo que pasaba casi completamente desde el vidrio al agua unida al cristal, no pasaría en absoluto en dicho vacío. El autor de los *Elementos de Newton* quizás es el primero en Francia que hizo la experiencia y concluyó, con mucha razón, que hay una acción desconocida del cristal y del agua sobre la luz, acción de una especie nueva, acción de la que ningún filósofo ha podido dar cuenta mediante los mecanismo ordinarios; acción que se la nombra *attracción, propter egestatem linguae et rerum novitatem*, a la espera de que Dios nos revele la causa.

El autor de los *Elementos*, al hablar de este fenómeno, se valió de la expresión muy francesa, *la luz se refleja desde el seno del vacío*, más o menos como se ha dicho en verso:

Valois se despertó desde el seno de su embriaguez...[4]

Gobernar sus países desde el seno de las voluptuosidades...[5]

No hay nadie que no sepa lo que dicen estas expresiones; son tan claras que podemos usarlas en prosa tanto como en poesía, a no ser que nos afectemos empleándolas frecuentemente y que evitemos la prosa poética con tanto cuidado como el estilo familiar y alegre. Bien sabemos que ni la embriaguez, ni las voluptuosidades, ni el vacío, tienen seno que actúe realmente; y todo lo que un lector que no desea enredar debiera comprender, es que la luz que se reflejó en el vacío, se reflejó porque el cuerpo próximo ejerció alguna fuerza sobre ella.

Algunos, más injustos todavía, tomando lo accesorio por lo principal, como casi siempre sucede, han dado a entender que el autor se vanagloriaba de haber encontrado la trisección del ángulo con la regla y el compás; y, en lugar de examinar con él una importante cuestión de óptica, se han olvidado de la cuestión que se trataba, y han hostigado sobre la supuesta trisección del ángulo, de la que no se hablaba nada en absoluto.

Veamos una vez más el problema que proponía el autor. Mirad al mismo tiempo a dos hombres, o varios hombres de la misma talla, de los cuales el primero está a un pie de vosotros, y el último a cuarenta: el primero dibuja en vuestra retina un ángulo cuarenta veces mayor que el último; el tamaño de las imágenes depende de la amplitud de los ángulos y, sin embargo, los dos hombres os parecerán de la misma altura. Yo digo que este fenómeno cotidiano no puede ser explicado por ningún cambio en el ojo o en el cristalino, como hasta ahora han pretendido los ópticos; yo digo que si el ojo toma una nueva configuración, la toma tanto para el hombre que dista un pie como para el que está a cuarenta pies, digo que viendo a ambos a la vez, si el ángulo con el que lo veis se agranda o disminuye, se agranda o disminuye lo mismo para ambos; digo, entonces, que tal problema es insoluble para las reglas de la óptica.

Nadie ha respondido y me atrevo a decir que nadie podrá responder a este argumento.

¿Qué se ha hecho entonces? Se ha pretendido ridiculizar la expresión; los censores han dicho que no era totalmente cierto que un hombre distante 30 pies dibuje en vuestra retina un ángulo precisamente 30 veces más pequeño que a un pie; no, esto no es absolutamente cierto; lo sabemos bien, sin duda. Pero 1º, la diferencia es tan pequeña que en nada cambia el estado de la cuestión; aunque este ángulo no fuese sino 26 ó 27 veces más pequeño, ¿no subsistiría el fenómeno y la dificultad? Este, precisamente, es el mismo caso que el de dos hombres que partiesen al mismo tiempo de París y que fuesen al mismo paso, uno a Saint-Denis y el otro a Orleans. Si alguien os dice que uno necesita treinta veces más tiempo que el otro, ¿sería bien recibida la pretensión de que la proporción es ridícula, bajo el pretexto de que son necesarios algunos pasos más al no haber una legua completa entre París y Saint-Denis? Además, estas críticas ignoraban que sólo entendíamos por ángulos los diámetros aparentes, que están de hecho en razón inversa a las distancias.

La mayor parte de las objeciones que se han hecho contra los *Elementos de Newton* son de este estilo; y a quienes la pasión de criticar domina, no teniendo mejores razones que contar, han recurrido a las injurias, según costumbre; han querido imaginar un crimen del autor por haber enseñado verdades descubiertas en Inglaterra, le han reprochado espíritu de partido, a él que nunca ha tenido partido; han pretendido que es de mal Francés no ser cartesiano. ¡Qué revolución en las opiniones de los hombres! La filosofía de Descartes fue proscrita en Francia cuando tenía la apariencia de verdadera y mientras sus ingeniosas hipótesis no eran desmentidas por la experiencia; y hoy, cuando nuestros ojos demuestran sus errrores, ¡no está permitido abandonarlos!

¡Cómo! ¡Los nombres de Descartes y Newton se convirtieron en toques de llamada! ¿Y también nos apasionaremos cuando sólo necesitamos instruirnos? ¿Qué importan los nombres? ¿Qué importan los lugares donde las verdades fueron descubiertas? Aquí sólo tratamos de experiencias y de cálculos, y no de jefes de partido.

Yo hago tanta justicia a Descartes como sus sectarios: siempre lo he considerado el primer genio de su siglo: mas una cosa es admirar y otra es creer. Ya lo he dicho: Aristóteles, quien reunió a un tiempo los méritos de Euclides, Platón, Quintiliano y Plinio, Aristóteles, quien, por el ensamblaje de tantos talentos, estaba, en este sentido, por encima de Descartes e incluso de Newton, es, sin embargo, un autor que no es necesario leer en filosofía.

Si se quiere tener una idea muy justa de la física de Descartes, que se lea lo que dice de él el célebre Boerhaave, quien acaba de morir; veamos cómo se explica en una de sus arengas:

> Si de la geometría de Descartes pasáis a la física, apenas si creeréis que tales obras sean del mismo hombre: estaréis espantados de que tan gran matemático haya caído en tan gran número de errores; si buscáis a Descartes en Descartes, le reprocharéis todo lo que él reprochaba a los peripatéticos, es decir que nada puede explicarse por sus principios.

Veamos lo que piensan, pese a ellos mismos, de los libros de Descartes quienes se llaman cartesianos; ninguno puede seguir un sistema sobre la luz, que todas las experiencias han arruinado; sus leyes del movimiento fue probado por Waren y por Huygens, que eran falsas, etc. Su descripción anatómica del hombre es contraria a lo que nos enseña la anatomía; de

todos los que han adoptado su contradictoria quimera de los torbellinos, no hay ninguno que no haya hecho otra quimera. Se proscriben, pues, todos sus dogmas en detalle y, sin embargo, aún se llama cartesiano: es como si se hubiese despojado a un rey de todas sus provincias, una tras otra, y aún se le diera pie.

El autor del nuevo libro titulado *Refutación de los Elementos de Newton* ha amasado todas estas falsas acusaciones; con ellas ha compuesto un volumen; ha hecho como todos los críticos que, notando la debilidad de sus razones, se empeñan en hacer odioso a su adversario; tiene el coraje de decir, página 121, que el autor de los *Elementos* ha pecado *contra su patria*. ¿Mas en qué, aquél aquien ataca, cometió este gran crimen hacia su patria? Al decir que Snellius, holandés, fue el primero en encontrar la razón constante entre los ángulos de incidencia y los ángulos de refracción. Esto es lo que el autor de la *Refutación* convierte atinadamente y con claridad en un crimen de Estado.

El crítico, convertido en delator, acusa al azar a M. Voltaire de haber encontrado este hecho en Vossius, y añade que el *teorema* del que habla Vossius es contrario al de Descartes.

Pero M. de Voltaire protesta que nada leyó en Vossius y que el hecho se encuentra en Huygens, contemporáneo y discípulo de Descartes, páginas 2 y 3 de su *Dióptrica*. Si, por otra parte, se quiere conocer la historia de este descubrimiento, aquí está: la medida de las refracciones fue intentada primeramente por el árabe Alhazen, después por Vitellion, a continuación por Kepler: todos fracasaron; Snellius Villebrode encontró al fin la proporción de las secantes, y Descartes terminó con la de los senos, que es el mismo teorema que el de las secantes, como se puede ver en la excelente física de M. Musschenbroeck, pág. 285: "Cartesius, dice, adhibuit sinus usus inventioni Senellii, etc.". El autor de los *Elementos* no ha hecho en esto sino decir simplemente la verdad: ¿es mal ciudadano quien hace justicia a los extranjeros? Además, ¿hay extranjeros para un filósofo?

Después de haber tratado a M. de Voltaire de vendepatrias por haber alabado a un Holandés, trató de ridiculizarlo en el tema tan debatido de la atracción de la luz; ha imaginado que Newton y sus discípulos piensan que la tierra atrae la luz desde el cuerpo mismo del sol. ¿Es posible, todavía, que se entienda tan a contrapelo el estado de la cuestión? ¿Es posible que se nos pueda atribuir una opinión digna todo lo más de Cyrano

de Bergerac?

Veamos lo que probablemente ha dado lugar a este extraño desprecio.

El autor de los *Elementos*, teniendo que hablar con frecuencia en su libro de la razón inversa del cuadrado de las distancias, juzgó conveniente explicar lo que ello era al hablar de la luz, pues de hecho la intensidad de la luz sigue precisamente dicha proporción; mas, expresamente advirtió, página 88, edición de Londres, que la atracción de la luz y de los cuerpos, y la atracción de los planetas y el sol, que se llama gravitación, son diferentes.

De que Newton haya descubierto dos fenómenos admirables no se sigue que los dos fenómenos obedezcan las mismas leyes.

Es preciso meterse en la cabeza, que Newton ha encontrado que los cuerpos y los rayos de luz actúan unos sobre otros a distancias muy pequeñas, y que los planetas actúan mutuamente unos sobre otros a distancias muy grandes. La acción del Sol sobre Saturno, Júpiter o la tierra es tan diferente de la acción de un cristal cerca del cual y en el cual se refleja un rayo, como dicho rayo difiere en tamaño del globo de Saturno. Confundir la acción de la luz con la de los planetas, es no tener la menor idea de los descubrimientos de Newton.

La precipitación o el espíritu de partido que han llevado a tantas personas a criticar la filosofía de Newton, antes de haberla estudiado, los han puesto en este punto en una contradicción extraña.

Por una parte se imaginan que la tierra atrae, según Newton, la luz de la misma sustancia del sol, lo que es ridículo; por otra, no pueden comprender cómo Newton admite la emisión de luz desde la sustancia misma del sol, lo que, sin embargo, es fácil de entender.

El gran Newton estaba convencido, y M. Bradley lo probó también después, que la luz nos es lanzada desde el sol y las estrellas. El conocido descubrimiento de M. Bradley que demuestra a la vez el movimiento de la tierra y la progresión de la luz, nos muestra que dicha progresión es siempre uniforme; que nunca es retrasada en su curso, que recorre siempre cerca de 33 millones de leguas en siete minutos, en una carrera uniforme de más de seis años, que no hay entre las estrellas y nuestra atmósfera materia resistente, pues si la hubiera retrasaría a la luz y, por tanto, la luz nos es lanzada desde la sustancia de las estrellas a través de un medio no resistente. Queda ver a quienes de buena fe razonan la posibilidad de que un rayo de luz venga hasta nosotros durante seis años

sin desviarse y sin retrasar su curso a través de un pleno absoluto. Newton, como tampoco ninguno de sus discípulos, jamás ha imaginado, digámoslo otra vez, que la luz del sol y de las estrellas nos llegue por la atracción: todos enseñan que es lanzada desde la sustancia del globo luminoso.

Es muy fácil comprender cómo nos envía el Sol tan rápidamente sus rayos luminosos; tan sólo se requiere imaginar lo que será un globo inflamado que gira alrededor de su eje cuatro veces más rápido que la tierra.

El autor de esta pretendida refutación ha cometido un error muy grande; primero, por haber creído que actúa la atracción en la emisión de los rayos del sol; segundo, por haber creído que la luz no puede emanar del sol; pero el error es mucho más grande cuando se atreve a calificar de *enorme absurdo* lo que los Newton, los Keil, los Musschembroeck, los s'Gravessande, etc., y algunos grandísimos filósofos franceses, creen tan bien probado. Sería el colmo de la indecencia tratar así a todos los hombres, aunque se tenga razones contra ellos. ¿Qué sería pues cuando se equivoca tan visiblemente?

No podemos pasar aquí sin mostrar cuánto pervierte las ideas más naturales de los hombres el espíritu de sistema y de partido: ¿quién sería el que, viendo una llama en medio de la noche iluminar completamente una legua de campo, no supondrá que la llama que se consume envía parte de las llamas hasta una legua a su alrededor? ¿No hay cuerpos odoríferos que, sin disminuir sensiblemente su peso, envían en un instante corpúsculos a más de una legua a la redonda? Igual sucede con la luz, y no es de filósofos sublevarse contra la rapidez de su curso y contra la pequeñez de sus partes, pues nada en sí mismo es pequeño, o rápido, y se puede hacer que haya seres un millón de veces más delgados y más ágiles.

El autor de la *Refutación* no es más exacto, ni más equitativo, cuando reprocha a M. Voltaire y a los que llama newtonianos haber dicho que la gravedad es esencial a la materia; es completamente falso que hayan cometido este error, como es falso que hayan dicho que la tierra atrae la luz de la sustancia del sol.

El autor de los *Elementos*, en verdad, ha dicho, como todos los buenos filósofos, que la gravedad, la tendencia hacia un centro, la gravitación, es una cualidad de toda la materia conocida, dada por Dios e inherente. El

término *inherente* está lejos de significar *esencial*: significa que está agregada interiormente, como *adhesión* significa lo que está agregado exteriormente; la esencia de una cosa es la propiedad sin la cual no podemos imaginarla, más podemos fácilmente imaginar sin gravedad la materia; sería necesario comenzar siempre conviniendo el valor de los términos; tal método abreviaría muchas disputas.

Veamos la discusión de un detalle más útil y que puede conducir a verdades nuevas.

El autor de la *Refutación* se sorprende de que el autor de los *Elementos* haya dicho que la luz describe una pequeña curva al penetrar el cristal. No lo creemos, dice, por su palabra. No, no es en mi palabra en lo que hay que creer, podría responder, sino en la naturaleza; y el examen de la naturaleza nos enseña que no puede haber reflexión ni refracción sin una pequeña curva; sería un gran error pensar que una bola cualquiera puede reflejarse según las líneas rectas que forman un ángulo absolutamente en punta; es preciso que en el punto de incidencia el ángulo se curve un poco, si no habría un salto, un cambio *de estado sin razón suficiente*, lo que es imposible. Todo se hace gradualmente, como muy bien ha señalado el célebre Leibnitz; y como consecuencia de este principio invariable de la naturaleza no hay ningún pasaje súbito nunca: la cadena de la naturaleza nunca se rompe. Así, un rayo de luz no se refleja ni se refracta de golpe desde una línea en otra línea recta y, en este punto, la física de Newton se acuerda maravillosamente con la metafísica de Leibniz. La acción del cristal que desvía el rayo de incidencia de la línea recta es el mecanismo que emplea la naturaleza para obedecer este gran principio general.

Veamos cómo se forma necesariamente esta imperceptible curva. Si un cuerpo redondo y con muelle cae en el plano GD según la dirección AB, su movimiento se compone de la línea horizontal AF y de la perpendicular AG, la única por la que se precipitan los cuerpos hacia abajo. Ahora bien, cuando este cuerpo con resorte está en B, pierde en el momento de la compresión una cantidad de velocidad proporcional a la compresión; pero tal velocidad no puede ser perdida más que en la dirección de la línea de caída AG y no en la dirección horizontal AF, según la cual el cuerpo no se comprime. Luego el cuerpo avanza un poco de B a C en la dirección horizontal, y este espacio BC produce el nacimiento de una curva. Esta es la misma acción que el cuerpo refringente ejerce sobre el rayo de luz: comienza a curvarse al aproximarse a su superficie.

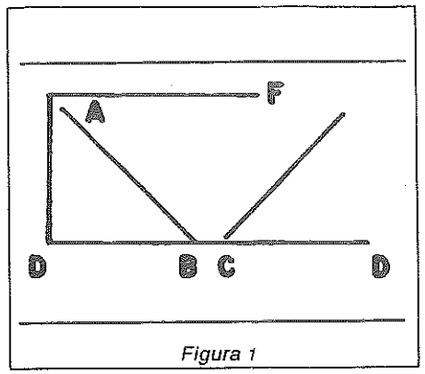

Figura 1

Este principio es apreciable a la vista en la inflexión de la luz cerca de los cuerpos; es preciso creer, por ejemplo, que cuando la luz se desvía cerca de una lámina de acero en una cámara oscura, no forma un ángulo absoluto; se curva y se pliega visiblemente de esta forma.

Natura est sibi consana; y por esta misma razón la luz, al pasar del aire al agua, describe una pequeña curva, de esta forma.

Y esta pequeña curva está restringida a los límites de la atracción del vidrio, límites imperceptibles y que son muy diferentes a los de la supuesta atracción entre la tierra y un rayo de luz que sale del sol.

Se ha hecho también un desprecio no menos singular. El autor de los *Elementos* señala, tras Newton, y basándose en la extrema porosidad de los cuerpos, que un rayo de sol de 33 millones de leguas no contiene probablemente un pie de materia sólida tomado de punta a punta.

"No sabemos si nos habla de un pie lineal o de un pie cúbico", dicen algunos censores; y, desde esta incertidumbre, el autor de la Refutación hace su cálculo sobre un pie cúbico; evalúa el peso de un rayo de sol en 1.000 libras, y concluye que sólo los rayos que caen a tierra en un día alcanzan hasta 144.000 veces 1.000 millones de libras. Mas pudo ahorrarse el cálculo: con sólo consultar el primer libro de física bueno o al buen sentido, y habría visto que no se trata de un pie puramente lineal, ni de un pie cúbico, sino de un pie de ancho, cuyo grosor lo forma un trazo de luz.

Es muy seguro que hay poca materia propia en todos los cuerpos del Universo; es seguro que todos los cuerpos más desligados son los que menos tienen; que la luz, entre los cuerpos sensibles, es de los más desligados, el más raro, y que por tanto los pretendidos millones de millones de libras que el sol nos envía cada día pueden reducirse fácilmente a dos o tres onzas, todo lo más. Vemos a donde conduce el equívoco del término lineal, y vemos cómo prueba que sería preciso, al menos, tener ideas claras de las cosas para criticar con tanta altivez y desprecio.

El autor de los *Elementos* dice que, en el sistema de Descartes, deberíamos ver clara la noche. Esto es muy cierto y está demostrado por las leyes de los fluidos. Si la luz fuese un fluido extendido en el espacio, siempre presente, y bastase con presionarla para actuar, actuaría en todos los sentidos a partir de que fuese presionada; y no solamente el sol bajo el horizonte empujaría a la luz hasta nuestros ojos, tal como el sonido rodea una montaña para llegar a nuestros oídos, sino que nunca veríamos tan claro como durante un eclipse central de sol; porque si la luna presiona la atmósfera al pasar ante el sol, presionará la supuesta materia luminosa, y dicha materia luminosa, más presionada que nunca, debería actuar más.

El autor de la *Refutación* y algunos otros oponen hipótesis a esta verdad: suponen que es necesario razonar de la luz como del sonido; sin embargo, en este caso no está permitido decir que la naturaleza actúa siempre de la misma manera. La naturaleza sólo es uniforme en casos iguales, y aquí los casos son absolutamente diferentes. Si la luz nos llega como el sonido, nos llegaría a través de una muralla: el sonido de hecho es vibraciones del aire, que es un elemento, y la luz es el efecto de otro elemento.

Al autor de la *Refutación*, tras tantos malentendidos, tan falsas imputaciones, tan falsas críticas e injustos reproches, sólo le resta atreverse a dar un sistemita para explicar los efectos de la naturaleza que Newton descubrió; y no se ha ahorrado el hacerlo.

Newton nos enseña, por ejemplo, y en fin los más obstinados están obligados a admitirlo, que la luz no se refleja en las partes sólidas de los cuerpos.

En vez de conformarse con una verdad nueva que Newton ha demostrado, y que no se puede negar, se imagina una hipótesis, se finge un pequeño barniz de materia luminosa extendida en los poros y en la superficie de los cuerpos; se piensa que por gracia de este pequeño barniz, de esta pretendida atmósfera, se podrá explicar porqué la luz se refleja uniformemente en un cristal completamente desigual: tal atmósfera, dicen, rellena las sinuosidades y asperezas del cristal. ¿Pero no es evidente que vuestro barniz de atmósfera luminosa que suponéis íntimamente asociado al cristal debe conformarse a su figura, y que, si dicho cristal es áspero, vuestro barniz también lo será?

Tenéis a bien sostener estas hipótesis; tenéis a bien alegar que todo tiene su atmósfera, que un barco tiene la suya, y que es tal atmósfera la que hace que una bola que cae desde lo alto del mástil del barco, venga a golpear al pie del mástil, describiendo una parábola; habéis leído, y es cierto, este ejemplo en varios autores que relacionan el hecho con la presión de la atmósfera; pero desgraciadamente todos estos autores están equivocados, y veamos en qué consiste su error y el vuestro.

Si un pájaro, planeando sobre el mástil de un barco que boga a plena vela, deja caer desde lo alto del mástil un cuerpo pesado, mucho hará falta para que caiga al pie del mástil, ni aunque describa una parábola; caerá en popa, o detrás de popa en el mar, en la línea recta; ¿Por qué? Porque el movimiento de la parábola, siendo la resultante de una fuerza perpendicular al horizonte con una velocidad de proyección paralela al horizonte, no tiene en este caso velocidad paralela, sino tan solo una fuerza perpendicular; y por tanto, nada de parábola.

¿Cuál será entonces el caso en que describirá una parábola el cuerpo? Será cuando participe a la vez del movimiento horizontal del barco y del movimiento de gravedad que lo arrastra desde lo alto del mástil.

Sea el barco A, bogando de A a B, C C el mástil, D el cuerpo atado al mástil por una cuerda que los separa; el cuerpo tiene el movimiento D D como el barco, y el movimiento D C por la gravedad; ahora bien, con estos dos movimientos se compone la parábola D B, y cuando el mástil está en B, el cuerpo también: luego el aire y la atmósfera no influyen en el fenómeno, tan sólo podrían perturbarlo. Unicamente por esta razón ocurre que un caballero que lanza al aire perpendicularmente una naranja, la recupera en su mano corriendo al galope; mas si otra mano le lanza la naranja mientras que él corre, cae lejos detrás del caballero. También, por la misma razón, una pieza que es lanzada perpendicularmente al horizonte cae según la plomada más o menos, a pesar de la rotación de la tierra; y la atmósfera no tiene más parte en todo esto que la de un hombre que se pasea entre las moscas que

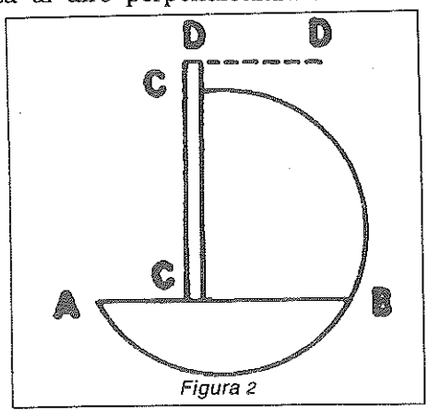

Figura 2

revolotean a su alrededor.

Este sistemita de los pretendidos efectos de una atmósfera debe al menos servir para poner en guardia a todos los que, no estando curados de la enfermedad de las hipótesis, cada día inventan alguna para dar cuenta, según ellos creen, de los descubrimientos de Newton. Este gran hombre, en sesenta años de investigación, cálculos y experiencias, se ha visto obligado a conformarse con los hechos simples que descubrió. Nunca elaboró hipótesis para explicar la causa de la atracción de los planetas y de la luz; demostró que tal gravitación existe, que un cuerpo grave cae a tierra por la misma fuerza centrípeta que retiene a los astros en su órbita y que ningún torbellino de materia sutil, grande o pequeño, puede ser la causa de dicha fuerza centrípeta. Que se detenga ahí, y que no se imagine poder hacer mediante una novela lo que Newton no pudo hacer con las matemáticas.

Uno de los que más moderadamente han escrito contra Newton es el estimable autor del *Espectáculo de la Naturaleza* y de la *Historia del Cielo*; pero ni de lejos le ha hecho justicia. Supone en sus objeciones que Newton, como los otros filósofos, tuvo la temeridad de imaginar un sistema para explicar la formación del universo, lo que seguramente es lo opuesto a los modos de proceder de Newton. *Hypotheses non fingo*, etc., dijo Newton al final de sus *Principios matemáticos*, y a pesar de ello se le reprocha aunque lo niegue tan formalmente.

El autor de la *Historia del Cielo* supone, después de muchas personas, y otros muchos lo suponen tras él, que los newtonianos consideran la atracción como un principio que "ha dado el ser a los cometas, a los planetas, una jerarquía en el Zodiaco, un cortejo más o menos grande de satélites". También es una imputación que ni Newton ni ninguno de sus discípulos han merecido jamás. Todos han dicho formalmente lo contrario, todos reconocen que la materia no tiene nada por sí misma, y que el movimiento, la fuerza de inercia, la gravedad, la elasticidad (*le ressort*), la vegetación, etc., todo es dado por el Ser supremo.

¿Debido a qué injusticia puede suponerse que, quien ha descubierto tantos secretos del Creador, desconocidos para el resto de los hombres, haya negado la acción de Dios más conocida y más perceptible para los espíritus menores? No hay ninguna filosofía que ponga al hombre más a la mano de Dios que la de Newton. Esta filosofía, la única geométrica y la única moderada, nos enseña las leyes más exactas del movimiento, la

teoría de fluidos y del sonido; anatomiza la luz; descubre la gravedad real de los astros, unos hacia otros; nada dice de que esta gravedad, esta gravitación, de la que calcula las leyes y los efectos, sea la misma cosa que la fuerza por la cual la luz se desvía de su ruta y acelera su movimiento en los medios diferentes; está lejos de confundir los milagros de la reflexión y de la refracción de la luz con los de la gravedad de los cuerpos pesados; pero, habiendo demostrado que el sol pesa hacia la tierra, y la tierra hacia él, demuestra que este poder está en las partes más pequeñas de materia, por la misma razón que está en el todo; reconoce además que ningún mecanismo da razón de estas profundidades y adora la eterna Sabiduría, la cual es el único principio.

Nunca dijo (como se le reprocha) que la atracción universal es la causa de la *electricidad* y del *magnetismo*, está lejos de un absurdo así; pero dijo: aguardad hasta tener experiencias suficientes antes de juzgar la causa del magnetismo y de la electricidad. Todavía no está probado que haya una virtud magnética. Se está tras la pista de la materia eléctrica; mas, para la gravitación y el curso de los planetas, está probado que ningún fluido es su causa, y que no debemos aguardar una ley particular del Creador; porque recurrir a Dios es de ignorantes cuando se trata de calcular lo que está a nuestro alcance; sin embargo, cuando se tratan primeros principios, recurrir a Dios es de sabios.

El autor de la *Historia del Cielo* renueva también un desprecio bastante considerable, en el que han caído varios sabios. Creen que Newton atribuye la elevación del ecuador tan sólo al poder de atracción de la tierra.

Ni Newton ni sus sectarios se expresan así. Todos reconocen que la necesaria elevación del ecuador procede y debe proceder del esfuerzo de la fuerza centrífuga, que es mayor en el círculo máximo de una esfera que en los pequeños, y que es nulo en los polos de las esferas.

La atracción, la gravitación, la gravedad, es menor en el ecuador, porque dicho ecuador está más elevado; pero no está más elevado porque la gravedad allí es menor.

En un libro serio se nos pregunta[6] "si no es la atracción la que ha puesto el bulto del globo ocular, la que ha lanzado en medio del rostro este trozo de cartílago que se llama nariz". Respondemos que una mofa como ésa ni está justificada, ni tiene gracia; y aunque la mofa fuese fina, no sería nada apropiada para un libro donde sólo hay que buscar la verdad, y estaría muy mal aplicada a un hombre como Newton o a los ilustres geómetras que

lo estudian. En cambio felicito al sabio autor del *Espectáculo de la naturaleza* y de la *Historia del Cielo* por caer menos que otros en el defecto de querer ser simpático; la afección, demasiado extendida, de tratar las materias serias con un estilo alegre y familiar, haría ridícula la lengua de la filosofía, sin que fuese más sencilla.

Se reprocha también a Newton que admite cualidades inmateriales en la materia. Pero que consulten sus obras quienes hacen tal reproche: verán que muchos atributos primordiales de este ser tan poco conocido que llamamos materia, son inmateriales, es decir que tales atributos son efectos de la voluntad libre del Ser supremo: si la materia tiene movimiento, si puede comunicarlo, si gravita, si los astros giran alrededor de sí mismos de occidente a oriente antes que de la otra forma, todo esto es un don de Dios, así como la facultad que mi voluntad ha recibido de mover mi brazo. Toda materia que actúa nos muestra un ser inmaterial que actúa sobre ella. Que nada es más cierto que esto son los verdaderos sentimientos de Newton.

Esta reflexiones que se ofrecen al público han impresionado ya a algunos espíritus, y se espera que por fin los prejuicios de algunos de los otros cederán a cosas tan sublimes y tan razonables, de las que el autor de los *Elementos* no ha sido más que un modesto intérprete.

NOTAS

1. El presente texto de Voltaire fue publicado en 1739 con el título *Respuesta a las principales objeciones que se han hecho en Francia contra la Filosofía de Newton.* Posteriormente los editores de Kehl lo imprimieron bajo el título *Défense du newtonianisme*, denominación con la que se hizo más conocido. Gran parte de su contenido, incluyendo la repetición de ciertos párrafos, pertenecían a la carta del 1 de octubre de 1738 que escribió a Maupertuis (Best. D1622).

2. M. de Buffon; posteriormente mantuvo una disputa con M. Clairaut sobre la naturaleza de las fuerzas atractivas, disputa donde toda la ventaja ha sido para el gran geómetra (KEHL).

3. Los críticos implícitamente citados son Jean Barnières (*Examen et Réfutation des Elements de la philosophie de Newton*; París, 1739) y N. Regnault (*Lettre d'un physicien sur la philosophie de Newton, mise à la portée de tout le monde par Monsieur de Voltaire*; s.l., 1738).

4. *Henriade, III, 99 (MOLAND).*

5. *Zaïre, I, ii (MOLAND).*

6. Es a propósito de la explicación del anillo de Saturno de M. de Maupertuis (VOLTAIRE).

CORTA RESPUESTA A LOS LARGOS DISCURSOS DE UN DOCTOR ALEMAN

Me había entregado a la filosofía, creyendo encontrar en ella el reposo que Newton llama *rem prorsus substancialem*; pero vi que la raíz cuadrada del cubo de las revoluciones de los planetas, y los cuadrados de sus distancias, también producían enemigos. Me doy cuenta que he incitado la indignación de algunos doctores alemanes. Me he atrevido a medir siempre la fuerza de los cuerpos en movimiento por m.v . He tenido la insolencia de dudar de las mónadas, de la armonía preestablecida e incluso del gran principio de los indiscernibles. A pesar del respeto sincero que tengo hacia el noble genio de Leibnitz, ¿podría esperar reposo después de haber querido socavar estos fundamentos de la naturaleza? Se han empleado, para convencerme, largos sofismas y groseras injurias, según la respetable costumbre introducida desde hace mucho tiempo en esta ciencia que se llama *filosofía*, es decir *amor a la sabiduría.*

Es cierto que una persona infinitamente respetable desde todos los puntos de vista, y que tiene muchos resortes de espíritu, se ha dignado destinar uno a iluminar y adornar el sistema de Leibnitz; se ha divertido decorando con un bello pórtico este edificio vasto y confuso. Me he sorprendido de no poder imaginármela admirándola; mas al final he visto la razón: ella misma apenas creía, y esto es lo que ocurre con frecuencia entre quienes se imaginan querer persuadir, y quienes se esfuerzan en dejarse persuadir.

Cuanto más avanzo, más me confirmo en la idea de que los sistemas de metafísica son para los filósofos lo que las novelas para las mujeres. Unos tras otros se ponen de moda, y todos acaban por ser olvidados. Una verdad matemática queda para la eternidad, y los fantasmas metafísicos pasan como las ensoñaciones de los enfermos.

Cuando estaba en Inglaterra no pude tener el consuelo de ver al gran Newton, quien llegaba a su fin. El célebre cura de Saint-James, Samuel Clarke, el amigo, el discípulo y el comentador de Newton, se dignó darme algunas enseñanzas sobre esta parte de la filosofía que se quiere elevar por encima del cálculo y de los sentidos. A decir verdad, no encontraba esta anatomía circunspecta del entendimiento humano, este bastón de ciego con el que andaba Locke buscando su camino y encontrándolo; en fin, esa sabia timidez que detenía a Locke al borde de los abismos. Clarke saltaba al abismo y yo me atreví a seguirlo. Un día, pleno de las grandes investigaciones que seducen al espíritu por su inmensidad, dije a un miembro muy ilustrado de la sociedad "M. Clarke es mucho mejor metafísico que M. Newton. Puede ser, me respondió fríamente; es como si dijeseis que uno juega mejor al balón que el otro". La respuesta me hizo pensar. Después me he atrevido a algunos globos en metafísica, y he visto que lo único que ha salido es aire. También cuando dije a S'Gravesande *Vanitas vanitatum, et metaphysica vanitas*, me respondió: "lamento mucho que tengais razón".

El P. Malebranche, en su *Recherche de la verité*, no imaginando nada bello, ñada útil salvo su sistema, se expresó así: "los hombres no están hechos para observar moscas; y no aprobamos el esfuerzo que han hecho algunas personas para enseñarnos cómo están hechos algunos insectos, la transformación de los gusanos, etc. Está bien entretenerse en esto cuando no se tiene nada que hacer, y para divertirse". Sin embargo, dicho *entretenimiento para divertirse* nos ha enseñado los recursos inagotables de la naturaleza, devolviendo a los animales los miembros que han perdido, reproduciendo las cabezas después que les han sido cortadas, dando a tal insecto el poder de emparejarse un instante después que su cabeza fue separada de su cuerpo, permitiendo a otros multiplicar su especie sin la ayuda de los sexos. Este *entretenimiento* ha desarrollado un nuevo universo en pequeño, y variedades infinitas de sabiduría y potencia, mientras que en cuarenta años de estudio el P. Malebranche ha encontrado que "la luz es una vibración de presión sobre los pequeños torbellinos blandos, y que nosotros lo vemos todo en Dios".

Yo he dicho que Newton sabía dudar; y luego se escribe: Oh, nosotros no dudamos. Sabemos a ciencia cierta que el alma es yo no sé qué, necesariamente destinada a recibir no sé qué ideas, en el momento en que

el cuerpo hace necesariamente ciertos movimientos, sin que lo uno tenga la menor influencia sobre lo otro: como si mientras un hombre predica, el otro hiciese gestos; y esto se llama *armonía preestablecida*. Sabemos que la materia está compuesta de seres que no son materia, y que en la pata de una queresa hay una infinidad de sustancias sin extensión, cada una de las cuales tiene ideas confusas que conforman un espejo concentrado de todo el universo; y esto se llama *sistema de las mónadas*. Así de bien imaginamos el acuerdo entre la libertad y la necesidad; entendemos muy bien *cómo, siendo todo el pleno, todo ha podido moverse*. ¡Felices los que puedan comprender cosas tan poco comprensibles y que ven un universo distinto al que nosotros habitamos!

Me gusta ver a un doctor que os dice en un tono magistral e irónico: "Erráis, no sabéis que hace poco se ha descubierto que *lo que está es posible*, y que *todo lo que es posible no es actual*; y que *todo lo que es actual es posible*; y que *las esencias de las cosas no cambian*." ¡Ah! ¡Quiera Dios que la esencia de los doctores cambie! ¡Bien! Nos contáis, pues, qué esencias, y yo os digo que ni vos ni yo tenemos el honor de conocerlas. Os digo que ningún hombre sobre la tierra supo ni sabrá lo que es la materia, lo que es el principio de la vida y del sentimiento, lo que es el alma humana; si hay almas cuya naturaleza tan sólo sea sentir sin razonar, o razonar no sintiendo nada, o no hacer ni lo uno ni lo otro; si lo que se llama *materia* tiene sensaciones igual que tiene la gravitación; si, etc.

En cuanto a la disputa de la medida de la fuerza de los cuerpos en movimiento, me parece que sólo es una disputa de palabras; y lamento que se den en las matemáticas. Que se exprese como se quiera la fuerza, por mv, o mv^2, nada cambiará en la mecánica: se requiere la misma cantidad de caballos para tirar de los bultos, la misma carga de pólvora para los cañones; y esta querella es el escándalo de la geometría.

¡Ojalá quiera el cielo que no haya más querellas entre los hombres! Seríamos ángeles en la tierra. ¿No se parecen, a veces, a esos diablos que Milton nos muestra devorados por el tedio, la rabia, la inquietud, el dolor y, pese a todo, razonando sobre metafísica en medio de sus tormentos?

Así, en el brillante enjambre de los sueños de Milton,
Se ve a los habitantes del ardiente Phlégéton,
Rodeados de torrentes, de betunes y de llamas,
Razonar sobre la esencia, argumentar sobre el alma,
Sondear las profundidades de la fatalidad,

De la previsión, y de la libertad.
Vanamente excavan en este inmenso abismo.
"And reason'd high
of providence, forek nowleage, will, and fate,
Fix'd fate, free will, forek nowledge absolute,
And found no end, etc.".
(Parad. lost. II)